BHS II C 21-2,2

Bayerische Berg-, Hütten- und Salzwerke
Bibliothek:
Gruppe: II C
B. Nr. 21
Aktiengesellschaft

# Lehrbuch

der

# chemischen und physikalischen Geologie

von

**Dr. Gustav Bischof,**

Königl. Preussischem Geheimen Bergrathe, o. ö. Professor der Chemie und Technologie an der Universität zu Bonn, Ritter des rothen Adlerordens dritter Classe mit der Schleife und mehrerer in- und ausländischer Academieen und gelehrten Gesellschaften Mitgliede oder Correspondenten.

*Zweiten Bandes zweite Abtheilung.*

Mit einer lithographirten Tafel.

BIBLIOTHEK DER K. B. GENERAL BERG-W. u. SALINEN ADMINISTR.

**Bonn,**

bei Adolph Marcus.

1854.

Bayerische Staatsbibliothek München

Bayerische
Staatsbibliothek
München

# Vorwort.

Mehrere Ursachen haben die lange Pause zwischen dem fünften und sechsten Hefte des zweiten Bandes herbeigeführt. Ein trauriges Ereignifs in meiner Familie, das plötzliche Hinscheiden meiner einzigen, mit seltenen Geistes- und Herzensgaben begabten Tochter in der Blüthe ihrer Jahre unterbrach eine Zeit lang meine wissenschaftliche Thätigkeit. Es wurde mir schwer, mich derselben wieder hinzugeben; doch nach und nach fand ich darin das Mittel, schmerzliche Erinnerungen zu verdrängen und in stiller Zurückgezogenheit diese Thätigkeit sogar zu steigern.

Der Inhalt des vierten und fünften Abschnittes wird bezeugen, dafs die meisten der darin bearbeiteten Gegenstände Vorarbeiten im chemischen Laboratorium gefordert haben, ohne welche nur ein schwankendes Gebäude hätte aufgeführt werden können; denn ein so reiches Material, wie es für die früherern Abschnitte vorlag, war für die sedimentären Bildungen nicht vorhanden. Es ist freilich auffallend, dafs man bei Bearbeitung geologischer Werke das Bedürfnifs nur in geringem Grade gefühlt zu haben scheint, durch chemische Untersuchungen das Material kennen zu lernen, aus welchem der ungleich grössere Theil der ganzen uns bekannten Erdkruste, die ganze mächtige Reihe der sedimentären Formationen, entstanden ist. Allein man darf nicht aus dem Auge verlieren,

dafs die Wissenschaft, wenn sie auch von noch so vielen ihrer Diener treu gepflegt wird, doch im Ganzen nur langsam fortschreitet, und dafs sie häufig falsche Richtungen nimmt, welche exacte Forschungen hindern.

Mein verehrter Freund von Dechen erkannte die Wichtigkeit einer chemischen Analyse der schwebenden Bestandtheile der Flüsse. Als im März 1851 der Rhein ungewöhnlich angeschwollen und trübe war, legte er mir es nahe, die günstige Gelegenheit zu einer solchen zu benutzen, und war so gütig, mich mit einer grofsen Quantität trüben Rheinwassers, dessen Füllung er selbst besorgt hatte, zu erfreuen; aber erst nach vier Monaten konnte ich, der S. 1577 angeführten Ursache wegen, die Untersuchung beginnen. Um nicht auf eine einzige Thatsache zu bauen, reihte sich daran die Analyse der schwebenden Theile des Wassers des in den *Bodensee* sich mündenden *Oberrhein*, der *Donau*, der *Elbe*, der *Weichsel* und der jüngsten Absätze des *Rhein*. Diese Untersuchungen, so wie die damit nothwendig verknüpften Analysen der, in diesen Wassern aufgelösten Bestandtheile forderten schon an sich viele Zeit, aber noch mehr defshalb, weil nur zu gewissen Jahreszeiten die schwebenden Theile der Flüsse gesammelt werden konnten, und weil dafür meist die Gefälligkeit von Freunden und Bekannten in Anspruch genommen werden mufste. Gerne hätte ich diesen Untersuchungen eine gröfsere Ausdehnung gegeben, wenn die Nachsicht meines Herrn Verlegers noch weiter auf die Probe hätte gestellt werden können; diesen Gegenstand werde ich aber nicht aus den Augen verlieren. Mit der Analyse des Weserwassers, mit einer wiederholten des Rheinwassers, geschöpft zur Zeit des ungewöhnlich niedrigen Wasserstandes im verflossenen Winter, bin ich in diesem Augenblicke beschäftigt.

Von einem Freunde erwarte ich das Material zur Analyse des Oderwassers und seiner schwebenden Theile und von einem ehemaligen Schüler die Analyse *Norwegischer* Flufswasser. Die General-Commission für die geologische Kenntnifs von *Holland* erwirkte, auf meine Bitte, durch Vermittelung des *Holländischen* Ministeriums des Innern, die von Seiten der Ministerien der Marine und der Colonien an die Marine-Officiere und die Autoritäten der *Holländischen* Colonien ergangene Aufforderung, Wasser aus den dortigen grofsen Flüssen zu schöpfen und mir zuzusenden. Im Laufe dieses Jahres habe ich daher die angenehme Aussicht, Flufswasser aus *Sumatra*, *Borneo*, *Batavia*, *Java* und *Guinea* für die chemische Analyse zu erhalten. Mit grofsem Vergnügen statte ich jenen hohen Behörden *Hollands* für eine solche Unterstützung und Beachtung wissenschaftlicher Bestrebungen meinen innigsten Dank öffentlich ab. Endlich machten auch meine geehrten Freunde Abich und von Tchihatchef mir Hoffnung, Wasser aus der *Wolga*, aus dem *Don* und anderen grofsen Flüssen *Rufsland's* mir zu verschaffen.

Eine reiche Ernte, aber auch eine lange daurende Beschäftigung steht mir daher bevor. Sollte die deutsche Ausgabe meines Werkes eine neue Auflage erleben: so dürften die Kap. I und IV des vierten Abschnittes einer gänzlichen Umarbeitung unterliegen, und es würde sich dann ergeben, ob die aus den vorliegenden Analysen gezogenen Schlüsse noch allgemeine Gültigkeit haben werden.

Leider ist die S. 1711 ausgesprochene Hoffnung, durch die gütige Vermittelung meines hochgeschätzten Freundes Ch. Lyell in London, Wasser aus einer Tiefe von 4000 Fufs des *Mittelländischen* Meeres zur Analyse zu erhalten, noch nicht in Erfüllung gegangen. Wahrscheinlich hat nur die gro-

ſse Schwierigkeit, aus solchen Tiefen Wasser zu schöpfen, und der Mangel an dazu erforderlichen Apparaten dieſs bis jetzt verhindert. Dem Gouverneur von *Malta*, Sir Will. Reid, einem wissenschaftlich gebildeten Manne, darf man vertrauen, daſs er uns die Mittel verschaffen werde, die wichtige Frage zu beantworten, ob, wie aus den Untersuchungen Wollaston's hervorzugehen scheint, im *Mittelländischen* Meere der Salzgehalt mit der Tiefe wirklich zunimmt.

Die Ausführung der vorhin genannten Untersuchungen im Laboratorium, wozu noch mehrere für die Kapitel des Steinsalzes, der Steinkohlen, der Erze u. s. w. kamen, muſste eine lange Unterbrechung in der Ausarbeitung des sechsten und siebenten Heftes herbeiführen. Die Stunden, welche diese Untersuchungen und meine Berufsarbeiten übrig lieſsen, benutzte ich zu einer Umarbeitung meines Werkes für die englische Ausgabe, wovon in kurzem der erste Band erscheinen wird.

Man hat meinem Werke vorgeworfen, daſs die Anordnung nicht sehr bequem sei, daſs die stete Metamorphose der entwickelten Ansichten das Studium desselben schwierig mache, und daſs es einem Lehrbuche nicht zum Vortheil gereichen könne, wenn die darin ausgesprochenen Ansichten unter einander differiren oder sich widersprechen.

Ueber die letzteren Vorwürfe habe ich mich schon im Vorworte zur ersten Abtheilung des zweiten Bandes und S. 1037 ausgesprochen. Daſs die Anordnung manches zu wünschen übrig lasse, habe ich selbst schon längst gefühlt. Die Naturwissenschaften sind aber keine mathematischen Disciplinen, und greifen, wie in der chemischen Geologie, sogar drei naturwissenschaftliche Zweige in einander ein: so hält es schwer, das ordnende Princip zu finden. Uebrigens möge man nicht vergessen, daſs beim Beginnen meines Werkes ein

ähnliches wie dieses nicht vorgelegen hatte, wonach ein Plan hätte entworfen werden können. Seit der Bearbeitung der vulkanischen Mineralquellen, 1826, der Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers, 1837, und mehrerer Aufsätze in Zeitschriften habe ich zwar fortwährend geologischen Erscheinungen meine Aufmerksamkeit gewidmet; mein Beruf gestattete aber nicht, ihnen auschliefslich zu folgen. Einen grofsen Theil meiner geologischen Studien habe ich defshalb erst während der Bearbeitung dieses Buches gemacht, und daher konnte es nicht aus einem Gusse hervorgegangen sein. Es wäre freilich besser gewesen, wenn erst nach Vollendung des Manuscripts der Druck begonnen hätte; wie viele Werke einer neunjährigen Arbeit mögen aber wohl erschienen sein, die vor dem Drucke ganz vollendet waren? — Die wiederholten äusserst günstigen Beurtheilungen meines Werkes selbst von denjenigen Geologen, welche in manchen Dingen mit mir nicht übereinstimmen, oder mir Uebertreibungen in, wie mir scheint, consequentem Fortschreiten auf dem betretenen Wege vorwerfen, giebt mir indefs die angenehme Beruhigung, dafs ich mich nicht undankbaren Forschungen hingegeben habe.

Der über die ganze chemische Geologie gewonnene Ueberblick, als sich meine Arbeit ihrem Ende genähert hatte, führte eine zweckmäfsigere Anordnung und manche Verbesserungen in der englischen Ausgabe herbei; der vierte Abschnitt der deutschen Ausgabe, welcher später zum Drucke kam als in der englischen, erlangte dagegen durch wesentliche Zusätze Vorzüge vor der letzteren. Sollte die in Aussicht stehende americanische und französische Ausgabe bald in's Leben treten: so würde die fortschreitende Wissenschaft ihr Recht abermals geltend machen.

Am Schlusse meines Werkes erfülle ich die angenehme

Pflicht der Dankbarkeit gegen meine wissenschaftlichen Freunde, welche mich mit ihren Belehrungen und mit Zusendungen von Materialien zu chemischen Untersuchungen bereitwilligst unterstützt haben. Vieles, was ich erhalten, liegt für künftige Untersuchungen bereit. Die hiesige reiche Mineralien-Sammlung des Dr. Krantz, in der ich kaum jemals etwas vergebens suchte, war meinen Wünschen immer offen. Dem so oft citirten Verfasser des vortrefflichen Werkes über Pseudomorphosen, ohne welches das meinige nicht an das Tageslicht getreten wäre, meinem werthen Freunde Blum, der mich durch Mittheilung seiner Entdeckungen stets erfreute, bin ich zum fortdauernden Danke verpflichtet.

Zur Erforschung der mannichfaltigen und oft so wunderbaren Processe im Mineralreiche müssen Mineralogen und Chemiker Hand in Hand gehen; daher darf den ersteren die Hülfe der letzteren nicht fehlen. Möchten doch namentlich die jüngeren Chemiker meine wiederholt ausgesprochenen Wünsche, unerledigt gebliebene Gegenstände durch weitere Untersuchungen zu verfolgen, berücksichtigen. Das Feld ist grofs, aber die Kräfte des Einzelnen sind gering.

Bonn, im August 1854.

**Gustav Bischof.**

# I n h a l t.

## Kapitel X.


| | Seite |
|---|---|
| Hornblende | 845—883 |
| Verwitterung der Hornblende | 846 |
| A. Thonerdefreie Hornblenden | 847—850 |
| B. Thonerdehaltige Hornblenden | 850—858 |
| Zusammensetzung thonerdehalt. Hornblenden | 852 |
| Zusammensetzung der Hornblenden und Augite | 856 |
| Krystalle von verschiedener Zusammensetzung | 858 |
| Vorkommen der Hornblenden | 859—864 |
| Umwandlung der Hornblenden | 864—883 |
| Chlorit nach Hornblende | 865 |
| Serpentin nach Hornblende | 866 |
| Speckstein nach Hornblende | 867 |
| Jaspis nach Hornblende | 868 |
| Umwandlung der Hornblende in Asbest | 869 |
| Umwandlung der Hornblende in Glimmer | 870—873 |
| Verwachsene Mineralien | 874—876 |
| Umwandlung der Hornblende in Chabalit | 877—879 |
| Zersetzungsprocesse, denen die Hornblende unterliegt | 879 |


## Kapitel XI.


| | |
|---|---|
| Gesteine, welche Hornblende als wesentlichen Gemengtheil enthalten | 884—971 |
| Hornblendegesteine | 885 |
| Merkwürdige Bildungen im Syenit | 890 |
| Processe im Mineral- wie im Pflanzenreiche | 892 |

| | Seite |
|---|---|
| Silicate im Pflanzen- wie im Mineralreiche | 896 |
| Analyse der Hornblendegesteine | 898 |
| Sauerstoff-Verhältnisse in Feldspathen | 900 |
| Formeln zur Berechnung der Hornblendegesteine | 902 |
| Berechnung der Gemengtheile der Hornblendegesteine | 903 |
| **Kugeldiorit** | 906—916 |
| Kugeldiorit auf Corsica | 906 |
| Anorthite | 908 |
| Felsit von Siebenlehn | 911 |
| Feldspathe in Hornblendegesteinen | 912 |
| Bestimmung der Feldspath-Species | 913 |
| Unterschied zwischen Hornblende und Augit | 915 |
| Ob Hornblende oder Augit in Gesteinen | 916 |
| **Eigenthümliche Feldspathe in Hornblendegesteinen** | 917—919 |
| **Syenite der Vogesen** | 919—926 |
| Andesin ist Kalkoligoklas | 921 |
| Feldspathe und Hornblende im Syenit | 922 |
| Gemengtheile des Syenit der Vogesen | 923 |
| **Porphyr von Chagey** | 926—929 |
| Analysen von Hornblendegesteinen | 929 |
| Quarzfreie Hornblendegesteine | 930 |
| Quarzhaltige Hornblendegesteine | 933 |
| Feldspathgestein mit Hornblende | 936 |
| Gesteine bei Halle | 937 |
| Grünsteine | 941 |
| Fundorte des Prehnit | 945 |
| Pseudomorpher Prehnit | 946 |
| Prehnitgänge in Grünsteinen | 947 |
| Die Zusammensetzung der Grünsteine ist schwierig zu bestimmen | 948 |
| Feldspath im Euphotid | 949 |
| Saussurit | 950 |
| **Umwandlung und Zersetzung der Hornblendegesteine** | 951—971 |
| Umwandlung des Hornblendeschiefers in Glimmerschiefer | 952 |
| Umwandlung des Chloritschiefers in Glimmerschiefer | 953 |
| Gesteine, welche den Glimmerschiefer durchsetzen | 954 |
| Zersetzungen des Diorit | 955 |
| Ursprung der Erze in den Gängen | 960 |
| Bildung des Kalksteins | 961 |
| Körniger Kalkstein keine plutonische Bildung | 962 |

Seite
Kalkstein ein Zersetzungsproduct des Diorit . . 963
Der Erzstock im Taberg . . . . . . 964
Hornblende in Erzlagern . . . . . . 965
Umwandlung des Diorit in Chloritschiefer . . 966
Umwandlung der Hornblende in Talk . . . 967
Anthracit in Erzstöcken . . . . . . 968
Widersprüche in den plutonischen Ansichten . . 969
Hornblendeschiefer ein metamorphes Gestein . . 971

## Kapitel XII.

Verhalten der Hornblendegesteine und Grünsteine zum Thonschiefer. Metamorphische Processe auf nassem Wege im Allgemeinen. Umwandlung sedimentärer Gesteine in Hornblendegesteine, Grünsteine und im Syenit . . 972—1009
Hornblendeschiefer im Thonschiefer . . . . 973
Die Hornblendeschiefer sind keine gebackene Thonschiefer . . . . . . 975
Hornblendeschiefer ein metamorphosirter Thonschiefer . 976
Löslichkeit der Gesteine im Wasser . . . 978
Löslichkeit des Augit in Salzsäure . . . . 981
Löslichkeit ganzer Gesteine im Wasser . . . 982
Grofse geologische Perioden . . . . . 983
Metamorphische Processe auf nassem Wege . . 984
Kalisilicat und Chlornatrium zersetzen sich . . 985
Verminderung des Natrons im Thonschiefer . . 986
Metamorphische Processe auf nassem Wege . . 987
Einwendungen Cotta's . . . . . . 989
Analysen von Thonschiefern . . . . . 991
Umwandlung des Thonschiefers in Diorit . . . 992
Grüne Schiefer, welche Kalksilicate enthalten . . 993
Analyse von Urthonschiefer und Hornblendeschiefer . 995
Umwandlung des Thonschiefers in Hornblendeschiefer . 997
Urkalklager im Glatzer Uebergangsgebirge . . 999
Entstehung der Urkalklager . . . . . 1001
Syenit aus sedimentärem Gesteine entstanden . . 1003
Bildungsfolge der Mineralien im Syenit . . . 1005
Bildung des Syenit . . . . . . . 1006

## Kapitel XIII.

Körniger Kalk . . . . . . 1010—1058

| | Seite |
|---|---|
| Contactwirkungen des Melaphyr . . . . | 1011 |
| Materielle Veränderungen im Contacte mit Melaphyr . | 1012 |
| Keine Veränderung im Nebengesteine des Melaphyr . | 1013 |
| Contact des Kalksteins mit Granit . . . . | 1014 |
| Widersprüche in den Contactwirkungen . . . | 1016 |
| Uebergang des Granit in Serpentin . . . | 1017 |
| Körniger Kalk bei Auerbach . . . . | 1018 |
| Körniger Kalk in Massa Carrara . . . . | 1020 |
| Carrarischer Marmor ist umgewandelter Kalkstein . | 1021 |
| Verschwinden der organischen Formen bei der Umwandlung . . . . . . . | 1022 |
| Körniger Kalk ein Versteinerungsmittel . . . | 1023 |
| Der Druck wirkt nicht chemisch verändernd . . | 1025 |
| Löslichkeit der Silicate bei hohen Temperaturen . | 1027 |
| Der Druck wirkt nicht chemisch verändernd . . | 1029 |
| Wirkung des Drucks auf Gase . . . . . | 1030 |
| Der Druck wirkt nur auf den Aggregatzustand . . | 1031 |
| Auftreten des körnigen Kalks . . . . | 1032 |
| Unterschied zwischen Kalkspath und körnigem Kalk . | 1033 |
| Mineralien im körnigen Kalk . . . . . | 1034 |
| Körniger Kalk ein Absatz aus Gewässern . . | 1035 |
| Ursprung des körnigen Kalks bei Auerbach . . | 1036 |
| Hall's Versuche . . . . . . . | 1038 |
| Kalkspath in der Lava des Vesuv . . . . | 1039 |
| Bedingungen bei der Bildung des Kalkspath oder Aragonit . . . . . . . | 1040 |
| Kalkspath nach Arragonit . . . . . | 1041 |
| Arragonit in Stalactiten . . . . , | 1043 |
| Dornsteine in Nauheim . . . . . | 1045 |
| Körniger Kalk in Dornsteinen . . . . | 1046 |
| Strahlgyps in Dornsteinen . . . . . | 1047 |
| Analysen von Dornsteinen . . . . . | 1048 |
| Dornsteine enthalten wenig lösliche Salze . . | 1049 |
| Kieselsäure mit Basen in Dornsteinen verbunden . | 1050 |
| Bildung der Gypsstalactiten . . . . . | 1054 |
| Dicke der concentrischen Gypsringe . . . | 1055 |
| Bildung grofser Feldspathkrystalle in Drusen . . | 1056 |
| Zeolith und Feldspathbildung identisch , . . | 1057 |
| Plutonische Bildungsart grofser Krystalle . . . | 1058 |


## Kapitel XIV.

Schalsteine und Rotheisensteine. Deren Verhal-

Seite

ten zu Grünsteinen und zu den Gesteinen des Schiefergebirges. Evidente Beweise für neptunische Bildungen . . . 1059—1098
Schalsteine . . . . . . . . . 1060
Schalstein geht in Kalkstein über . . . . 1061
Schalsteine mit Versteinerungen . . . . 1062
Labradorporphyr . . . . . . 1063
Schalsteine . . . . . . . . 1064
Grünstein keine plutonische Bildung . . . 1065
Grünstein in Contact mit Thonschiefer . . . 1066
Grünstein in Contact mit Uebergangskalk . . 1067
Analysen von Schalsteinen . . . . . . 1069
Entstehung der Schalsteine . . . . . . 1071
Mandelstein bei Darmstadt . . . . . . 1073
Thonschiefer mit Carbonaten . . . . . 1075
Entstehung der Thonschiefer mit Carbonaten . . 1076
Analyse von frischem und verwittertem Labrador . 1077
Gang der Zersetzung des Labrador . . . . 1081
Analyse eines Uebergangskalksteins . . . . 1083
Entstehung der Rotheisensteinlager . . . . 1084
Analyse eines Uebergangskalksteins . . . . 1085
Ortsveränderungen durch Fortführung kohlensauren Kalks 1086
Wasserhaltige eruptive Massen . . . . . 1088
Contactwirkungen erfolgen nicht auf plutonischem Wege 1089
Contactwirkuugen erfolgen auf nassem Wege . . 1090
Resultate der Kapitel X—XIV . . . . , 1092

## Kapitel XV.

Dolomit . . . . . . . . 1099—1210
Dolomit keine plutonische Bildung . . . . 1100
Dolomit geschichtet und nicht geschichtet . . 1101
Dolomit im südlichen Tyrol . . . . 1102
Zusammensetzung des Dolomit . . . . 1103
Haidinger's Dolomitbildung . . . . . 1106
Morlot's Dolomitbildung . . . . . 1108
Favre's und Marignac's Dolomitbildung . . . 1109
Forchhammer's Dolomitbildung . . . . 1112
Grandjean's Dolomitbildung . . . . 1113
Nauck's Beobachtungen . . . . . . 1114
Bitterspath nach Kalkspath . . . . . 1116
Pseudomorphosen von Bitterspath nach Kalkspath 1116—1128
Umwandlung des Kalkspath in Bitterspath . . 1117

Seite
Blum über diese Umwandlung . . . . 1119
Umwandlung des Kalksteins in Dolomit . . 1120
Die Umwandlung auf chemischem Wege schwierig nachweisbar . . . . . . 1121
Magnesiacarbonat leichtlöslicher als Kalkcarbonat . 1122
Folge der Absätze von Kalk- und Magnesiacarbonat . 1123
Dolomit kein directer Absatz . . . . 1124
Bestimmung der Kohlensäure im Kalk- und Magnesiacarbonat . . . . . . . 1126
Süſse Quellen enthalten nicht selten eben so viel Kalkcarbonat . . . . . . . 1127
Groſse Wirkungen geringer Mengen Kohlensäure . 1128
Kohlensäure im Meere . . . . . 1129
Kohlensäure und kohlensaure Erden im Meere . 1130
Gas im Meere . . . . . . 1131
Die Kohlensäure im Meere löst kohlensauren Kalk auf . 1133
Keine Abscheidung der kohlensauren Erden auf chemischem Wege . . . . . . 1135
Die Seethiere scheiden keinen Dolomit ab . . 1136
Löslichkeit der Austerschalen im Meerwasser . . 1137
Erscheinungen beim Auflösen der Austerschalen in Salzs. 1138
Die Membranen in der Austerschale schützen gegen Auflösung . . . . . . . 1139
Abscheidung von Kalk ohne organische Thätigkeit . 1140
Erhaltung und Zerstörung der Kalkschalen im Gestein . 1141
Fossile Reste im Dolomit . . . . . 1142
Beweise für die Bildung der Dolomite durch hydrometamorphische Processe . . . . . 1143
Zwanzig Mineralien nach Kalkspath . . . 1144
Verdrängung des Kalkspath's . . . . 1145
Quarzspeudomorphosen nach Kalkspath . . . 1146
Umwandlung des Kalkspath in Bitterspath . . 1147
Verdrängung des Bitterspath durch Kieselsäure . 1148
Warum sich der Kalkspath in Bitterspath umwandeln kann 1149
Eisenspath nach Kalk- und Bitterspath . . . 1150
Kohlensaures Eisenoxydul in sedimentären Bildungen . 1151
Verdrängung des kohlensauren Kalks in Versteinerungen 1152
Wenig kohlensaure Magnesia in Quellenabsätzen . 1153
Kohlensaure Magnesia in Korallen . . . . 1154
Magnesia im Korallenkalk . . . . . 1155
Magnesia im Muschelkalk neben Basalt . . . 1156
Ausscheidungen bei der Dolomitisirung . . . 1157
Magnesiacarbonat in mergeligen Schichten . . 1158

| | Seite |
|---|---|
| Magnesiareiche Absätze in Spalten . . . | 1161 |
| Dolomit im Muschelkalk . . . . . . | 1162 |
| Gangförmiger Dolomit . . . . . | 1165 |
| Mangan in Dolomiten . . . . . | 1166 |
| Gegen v. Klipstein's Ansichten . . . | 1167 |
| Dolomitisirung durch Fortführung von kohlensaurem Kalk | 1168 |
| Erdfälle bezeugen die Fortführung des kohlensauren Kalks | 1170 |
| Gegen eine eruptive Bildung der Dolomite . . | 1173 |
| Grandjean's Ansichten von der Dolomitisirung . . | 1174 |
| Wirkung kohlensauren Wassers auf kohlensauren Magnesiakalk . . . . . . . | 1177 |
| Kalkspath in Drusenräumen von Dolomit . . | 1178 |
| Verhältnisse in den Lahn-Gegenden . . | 1179 |
| Wohin der ausgelaugte Kalk gekommen ist . . | 1181 |
| Umwandlungen der Kalksteine . . . . | 1182 |
| Fortführung grofser Massen kohlens. Kalks . . | 1183 |
| Gründe gegen die Dolomitisirung durch Umwandlung . | 1184 |
| Dolomit keine ursprüngliche Bildung . . | 1187 |
| Kalksinter auf Rheingeschieben . . . | 1189 |
| Erzlagerstätten im Muschelkalk . . . . | 1190 |
| Nachtrag . . . . . . . | 1190—1210 |
| Umwandlung des Kalks in Galmei . . . | 1191 |
| Umwandlung des Dolomit in Galmei . . . | 1192 |
| Zersetzung des Dolomit . . . . . . | 1193 |
| Galmeiabsatz aus herabfliefsenden Gewässern . . | 1194 |
| Die Erze sind jünger als der Dolomit . . . | 1195 |
| Dolomit in Kalksteinen . . . . . . | 1196 |
| Galmei nach Kalkspath und Bitterspath . . . | 1197 |
| Bildung der Pseudomorphosen von Zinkspath nach Kalkspath | 1198 |
| Zersetzung der Blende durch schwefelsaures Eisenoxyd . | 1199 |
| Zersetzung der Sulphate durch sauren kohlensauren Kalk | 1200 |
| Löslichkeit der Zinkerze in kohlensaurem Wasser . | 1203 |
| Zinkspathkrystalle sind spätere Bildungen . . | 1204 |
| Pseudomorphosen von Eisenoxydhydrat nach Eisenzinkspath | 1205 |
| Vorkommen von Zink in krystallinischen Gesteinen . | 1206 |
| Pseudomorphosen von Karbonaten nach Kalkspath . | 1207 |
| Der kohlensaure Kalk ein Fällungsmittel von Karbonaten | 1208 |
| Der kohlensaure Kalk bedingt viele metamorphe Processe | 1209 |
| Flufsspath nach Kalkspath . . . . . . | 1210 |


## Kapitel XVI.


Die Mineralien der letzten Umwandlungsprocesse 1211—1220

Seite
Chemische Processe im unorganischen und organischen Reiche . . . . . . 1214
Umkehrung der Verwandtschaften in höheren Temperat. 1215
Glimmer das merkwürdigste Umwandlungsproduct . 1216
Chlorit und Talk stehen dem Glimmer sehr nahe . . 1219
Kreislauf im Mineralreiche . . . . . 1220

## Kapitel XVII.

Oxyde, welche sich nicht höher oxydiren können 1221—1372
A. Quarz . . . . . . . 1221—1324
Pulverförmige oder schleimige Kieselsäure . . 1222
Abscheidung der Kieselsäure . . . . 1223
Glühverlust kieseliger Bildungen . . . . 1226
Specifisches Gewicht kieseliger Bildungen . . 1228
Opal . . . . . . . . . 1229
Holzopal . . . . . . . 1230
Auflöslichkeit der Opale in Kalilauge . , . 1231
Verhalten der Halbopale zu den Säuren . . . 1233
Opal mit Quarz . . . . . . . 1234
Umwandlung amorpher Kieselsäure in krystallisirte . 1235
Veränderung des Opal . . . . 1236
Analysen von Halbopal . . . . 1237
Veränderung des Halbopal . . . . . 1238
Bildung der Opale . . . . . . 1239
Constantes Verhältnifs zwischen Kieselsäure u. Eisenoxyd 1240
Verkieselungen von Pflanzensubstanzen . . . 1241
Bildung des Hyalith . . . . . . 1242
Chalcedon ein Gemeng aus Quarz und Opal . . 1243
Chalcedon theilweise in Kalilauge löslich . . 1244
Pseudemorphosen von Quarz nach Kalkspath . . 1245
Entstehung der Feuersteine . . . 1246
Kieselinfusorien das Mineral für den Feuerstein . 1248
Beziehung zwischen organischen und kieseligen Substanzen 1249
Umbildung von Infusorienlagern in feste Gesteine . 1250
Infusorien-Schalen in Tuffen . . . 1251
Mikroskopische Organismen im Opal u. s. w. . . 1252
Infusorien in Rissen und Spalten des Gebirgsgesteins . 1254
Feuersteine und Kreidelager . . . 1255
Bildung der Feuersteine . . . . . . 1256
Abscheidung der Kieselsäure . . . . 1257
Mineralien in Formen von Quarz . . . 1258
Brauneisenstein und Eisenkies nach Quarz . . 1259—1261

| | Seite |
|---|---|
| Quarz nach Eisenspath, Eisenglanz und Eisenkies . | 1260 |
| **Pseudomorphosen des Specksteins nach Quarz.** | **1261—1269** |
| Speckstein nach Feuerstein . . . . . . | 1265 |
| Verwitterung des Quarzes . . . . . . | 1266 |
| Kohlensaure Alkalien befördern die Auflösung der Kieselsäure . . . . . . | 1267 |
| Umwandlung des Feuersteins in Meerschaum . . | 1268 |
| **Vorkommen der Quarzes und dessen Entstehung** | **1269—1299** |
| Bildung von Quarzkrystallen aus Flüssigkeiten . . | 1278 |
| Künstliche Darstellung von Bergkrystallen . . | 1283 |
| Unterbrochene Bildungen von Quarzkrystallen . . | 1285 |
| Gebogene Quarzkrystalle . . . . . . | 1286 |
| Eine pyrogene Bildung von Quarzkrystallen ist nicht möglich | 1287 |
| Thon und Quarzlager sind Aequivalente . . . | 1288 |
| Einschlüsse in Bergkrystallen . . . . | 1289 |
| Quarz im Granit ist keine pyrogenetische Bildung . | 1290 |
| Quarz im Granit später als der Feldspath gebildet . | 1291 |
| Fournet's Surfusions-Zustand . . . . | 1292 |
| Scheerer gegen Fournet . . . . . | 1293 |
| Quarz erscheint stets von gleicher Bildungsart . | 1294 |
| Quarz meist die jüngste Bildung . . . . | 1295 |
| Quarzbildungen schreiten noch fort , . . | 1296 |
| Processe mit Quarzausscheidung . . . . | 1297 |
| Aller Quarz ein Zersetzungsproduct von Silicaten . | 1298 |
| **Quarz in Formen verschiedener Mineralien** | **1299—1324** |
| Quarz, Halbopal, Chalcedon, Feuerstein, Hornstein, Carneol, Prasem und Eisenkiesel nach Kalkspath . | 1299—1304 |
| Quarz und Chalcedon nach Bitterspath . . . | 1304 |
| Quarz und Hornstein nach Eisenspath . . . | 1304 |
| Quarz nach Zinkspath und nach Kieselzinkerz . . | 1305 |
| Quarz nach kohlensaurem Bleioxyd . . . | 1305 |
| Quarz nach Gypsspath . . . . . | 1306 |
| Quarz und Chalcedon nach Barytspath . . . | 1307—1309 |
| Quarz nach Baryto-Calcit . . . . . | 1309 |
| Quarz, Chalcedon und Hornstein nach Flufsspath . | 1309—1313 |
| Quarzpseudomorphosen nach Flufsspathoctaëdern . . | 1313 |
| Quarz nach Bleiglanz . . . . . | 1313—1319 |
| Das Genet. in der Verdräng. des Bleiglanzes durch Quarz | 1316 |
| Quarz nach Scheelit, nach Eisenglanz und nach Eisenkies und von Chalceden nach Pyromorphit . . | 1319 |
| Quarz nach Heulandit und nach Stilbit . . . | 1320 |
| Chalcedon nach Datolith . . . . . | 1321 |
| Hornstein nach Glimmer . . . . . | 1322—1324 |

| | Seite |
|---|---|
| Quarzausscheidung | 1322 |
| Nachtrag zu S. 1274 | 1324 |
| B. Eisen und Manganerze | 1325—1372 |
| Psilomelan nach Würfelerz | 1325 |
| Chlorit nach Magneteisen | 1326 |
| Chlorit nach Brauneisenstein | 1327 |
| Eisenerze in Formen verschiedener Mineralien | 1327 |
| Eisenspath, Brauneisenstein, Eisenoxyd, Eisenkies und Strahlkies nach Kalkspath | 1328—1333 |
| Eisenspath, Brauneisenstein und Stilpnosiderit nach Bitterspath | 1333 |
| Stilpnosiderit nach Zinkspath | 1334 |
| Eisenspath, Brauneisenstein und Eisenkies nach Barytspath | 1334—1336 |
| Brauneisenstein nach Gyps | 1336 |
| Brauneisenstein und Rotheisenstein nach Flufsspath | 1337 |
| Brauneisenstein und Eisenkies nach Quarz | 1337 |
| Brauneisenstein nach Blende und nach Bleiglanz | 1337 |
| Brauneisenstein nach kohlensaurem Bleioxyd, nach Pyromorphit und nach Rothkupfererz | 1338 |
| Brauneisenstein und Rotheisenstein nach Flufsspath | 1339 |
| Eisenkies und Strahlkies nach Schwarzgültigerz und Rothgültigerz | 1339 |
| Brauneisenstein nach Comptonit | 1340 |
| Brauneisenstein, Rotheisenstein und Magneteisen nach Eisenspath, und Brauneisenstein nach Ankerit | 1341—1345 |
| Rotheisenstein nach Brauneisenstein | 1345—1353 |
| Rothbraunes Eisenoxydhydrat | 1349 |
| Wassergehalt des Eisenoxydhydrat | 1350 |
| Brauneisenstein nach Würfelerz und nach Skorodit, Rotheisenstein nach Würfelerz und Stilpnosiderit nach spätigem Eisenblau | 1353—1355 |
| Brauneisenstein, nach Eisenkies und Strahlkies und Rotheisenstein nach Eisenkies | 1355—1360 |
| Verwitterung des Eisenkies | 1356 |
| Brauneisenstein nach Strahlkies | 1358 |
| Rotheisenstein nach Eisenkies | 1359 |
| Eisenkies nach Magnetkies und nach Arsenikkies | 1360—1367 |
| Zusammensetzung des Magnetkies | 1362 |
| Eisenkies nach Arsenikkies | 1363 |
| Bildung des Eisenkies | 1364 |
| Manganerze | 1366 |
| Manganerze in Formen verschiedener Mineralien | 1367 |

| | Seite |
|---|---|
| Pyrolusit nach Bitterspath . . . . . | 1367 |
| Psilomelan nach Barythspath . . . . | 1367 |
| Psilomelan nach Flufsspath . . . . . | 1368 |
| **Pyrolusit, Hausmannit und Braunit nach Manganit** | **1368—1372** |
| Eisen scheidet sich früher als Mangan ab . . | 1370 |
| Keine Pseudomorphosen nach Manganspath . . | 1372 |
| Nachtrag zu S. 1314 Brauneisenstein nach Beryll . . | 1372 |
| Magneteisen nach Strahlkies . . . . | 1372 |

## Kapitel XVIII.

| | |
|---|---|
| **Glimmer . . . . . .** | **1373—1462** |
| Theilbarkeit und Unveränderlichkeit des Glimmers . | 1374 |
| Glimmer viel weniger zersetzbar als Orthoklas . . | 1375 |
| Glimmerarten von ausserord. versch. Zusammensetzung . | 1376 |
| Eintheilung der Glimmerarten . . . . | 1377 |
| Wassergehalt der meisten Glimmerarten . . . | 1378 |
| Organische Ueberreste in den meisten Glimmerarten . | 1379 |
| Veränderung des Glimmers durch Glühhitze . . | 1380 |
| Ursachen der Farbenveränderung . . . . . | 1381 |
| Farbenveränderung auf nassem Wege . . . | 1382 |
| Wassergehalt des Glimmers auf Schlacken . . . | 1383 |
| Glimmer zwischen Rapilli . . . . . . | 1384 |
| Geglühter Lithionglimmer zersetzbar durch Säuren . | 1386 |
| Zersetzung und Umwandlung des Glimmers . . | 1387 |
| Vorkommen des Glimmers . . . . . | 1388 |
| **Vorkommen der Glimmerarten . .** | **1388—1426** |
| Weifser und schwarzer Glimmer im Granit . . | 1389 |
| Austausche im unorganischen, wie im organischen Reiche | 1391 |
| Glimmer mit Granaten . . . . . | 1392 |
| Glimmer mit Turmalinen . . . . . | 1394 |
| Graue wolkige Zeichnungen im Glimmer . . | 1395 |
| Ausscheidungen bei den Glimmerbildungen . . | 1396 |
| Glimmerblättchen auf veränderten Krystallflächen . | 1398 |
| Glimmer mit wasserhaltigen Mineralien . . . | 1399 |
| Glimmer in eigenthümlichen Gebilden . . . | 1401 |
| Glimmer in Drusenräumen und Erzgängen . . | 1402 |
| Glimmer auf vulkanischen Gesteinen . . . | 1403 |
| Schmelzversuche mit Glimmer und Basalt . . | 1404 |
| Bildung des Glimmers auf Schlacken . . . | 1407 |
| Zusammensetzung des Glimmers auf Schlacken . . | 1408 |
| Glimmer auf Auswürflingen des Vesuv . . . | 1409 |

| | Seite |
|---|---|
| Bildung des Glimmers auf Auswürflingen des Vesuv . | 1412 |
| Ursprung der Blöcke mit Glimmer im Laacher-See . | 1413 |
| Glimmer im Basalt . . . . . . . | 1417 |
| Glimmer nur im zersetzten Basalt . . . | 1418 |
| Umwandlung des Basalt in Glimmer . . . | 1419 |
| Alkalien in Augiten . . . . . | 1420 |
| Umwandlung basaltischer Gesteine in Glimmer . . | 1421 |
| Glimmer auf Hüttenschlacken . . . | 1423 |
| Verdrängung der Alkalien durch Kalk in der Glühhitze | 1425 |
| **Glimmer in Formen anderer Mineralien .** | **1426—1439** |
| Glimmer nach Beryll . . . . . . | 1427 |
| Umwandlungsprocesse des Turmalin in Glimmer . . | 1428 |
| Umwandlungsprocesse des Orthoklas in Glimmer . | 1432 |
| Umwandlungsprocefs des Wernerit in Glimmer . . | 1433 |
| Verdrängung der Thonerde durch Alkalien . . | 1437 |
| Glimmer in sedimentären Gesteinen . . . | 1439 |
| **Glimmerhaltige Gebirgsarten . . .** | **1439—1460** |
| Glimmerabsätze des Rheins . . . . | 1440 |
| Glimmer im Thonschiefer . . . . . | 1441 |
| Analysen von Glimmerschiefern . . . . | 1442 |
| Resultate der Analysen . . . . . | 1448 |
| Umwandlung des Magnesiaglimmers in Kaliglimmer . | 1449 |
| Säuren schliefsen nur Magnesiaglimmer auf . . | 1450 |
| Glimmer im Glimmerschiefer ist sehr eisenreich . | 1452 |
| Umwandlung des Thonschiefers in Glimmerschiefer . | 1453 |
| Die Granaten in den Glimmerschiefern . . . | 1454 |
| Glimmerschiefer aus versteinerungsleerem Thonschiefer | 1456 |
| Glimmerähnliche Gemenge im Thonschiefer . . | 1457 |
| Glimmerähnliche Gemengtheile dem Kaliglimmer ähnlich | 1458 |
| Glimmer im bunten Sandstein . . . . | 1459 |
| Nachtrag zu S. 1427 . . . . . . | 1460 |
| Pinit nach Labrador und Glimmer nach Pinit . . | 1460 |

## Kapitel XIX.

| | |
|---|---|
| **Chlorit, Serpentin, Speckstein und Talk .** | **1463—1506** |
| **A. Chlorit . . . . . . .** | **1463—1466** |
| Zusammensetzung des Chlorit . . . . | 1464 |
| Pseudomorpher Chlorit . . . . . | 1465 |
| Chloritschiefer . . . . . . | 1466 |
| **B. Serpentin . . . . . .** | **1466—1497** |
| Serpentin ein Zersetzungsproduct . . . . | 1467 |

| | Seite |
|---|---|
| Umwandlung des Olivin in Serpentin | 1468 |
| **Serpentin in Formen anderer Mineralien** | **1468—1497** |
| Pseudomorpher Serpentin | 1468 |
| Zersetzter Gehlenit | 1470 |
| Umwandlungen in Serpentin | 1473 |
| Serpentin aus Eklogit und Granulit | 1475 |
| Chloritgänge in Serpentin | 1476 |
| Uebergang des Chlorit in Serpentin | 1478 |
| Umwandlung des Granulit in Serpentin | 1479 |
| Uebergang des Feldspath in Serpentin | 1480 |
| Uebergang der Hornblende in Serpentin | 1484 |
| Die Chloritgänge sind nicht eruptiv | 1486 |
| Glimmer im Serpentin ein Umwandlungsproduct | 1487 |
| Serpentin-Breccie und Tuff | 1488 |
| Breccie nicht aus zersetztem Serpentin entstanden | 1489 |
| Umwandlungen der Mineralien in Serpentin | 1490 |
| Bedeutende Mengen Magnesia werden aufgenommen | 1491 |
| Serpentin in den Alpen | 1492 |
| Thonerde-haltige Serpentine | 1493 |
| Serpentin nach Olivin | 1494 |
| Talk-Gruppen | 1496 |
| **C. Speckstein und Talk** | **1497—1506** |
| Zusammensetzung des Talk | 1498 |
| Speckstein und Talk | 1499 |
| Speckstein nicht nach Feldspath | 1500 |
| Speckstein-Pseudomorphosen | 1501 |
| Pseudomorphosen von Talk | 1502 |
| Talk nach Cyanit | 1504 |
| Talkschiefer | 1505 |
| Bildung von Chlorit, Serpentin, Speckstein und Talk | 1506 |

## Vierter Abschnitt.

| | |
|---|---|
| **Sedimentäre Bildungen** | **1507—2134** |

### Kapitel I.

| | |
|---|---|
| **Flüsse** | **1509—1532** |
| Analysen von Flufswassern | 1510 |
| Resultate der Analysen | 1524 |

### Kapitel II.

| | |
|---|---|
| **Seen** | **1533—1547** |

| | Seite |
|---|---|
| Seen mit Zuflüssen aber ohne Abflüsse | 1534 |
| Seen sind Kläranstalten | 1535 |
| Bildung grofser Seen | 1536 |
| Analysen von Seewasser | 1537 |
| Schlüsse aus den Analysen | 1538 |
| Kaspisches Meer nicht in Communication mit dem Schwarzen | 1539 |
| Analysen des Wassers des Todten Meers | 1541 |
| Hoher Salzgehalt im Todten Meer | 1542 |
| Natronseen | 1543 |
| Analyse des Lough-Neagh | 1545 |
| Versteinernde Wirkung des Lough-Neagh | 1546 |
| Versteinerte Hölzer vom Lough-Neagh | 1547 |

**Kapitel III.**

| | |
|---|---|
| **Das Meer** | 1548—1569 |
| Specifisches Gewicht des Meerwassers | 1549 |
| Analysen des Meerwassers | 1550 |
| Identische Zusammensetzung der Nordsee | 1552 |
| Analysen des Meerwassers | 1553 |
| Chlorgehalt des Meerwassers | 1555 |
| Schwefelsäuregehalt des Meerwassers | 1556 |
| Zersetzung der schwefelsauren Salze | 1557 |
| Maximum und Minimum des Salzgehaltes | 1558 |
| Mittelländisches Meer | 1559 |
| Schwarzes Meer und Ostsee | 1561 |
| Geringer Salzgehalt der Ostsee | 1562 |
| Substanzen im Meere | 1563 |
| Ursprung der Salze im Meere | 1565 |
| Absätze von Steinsalz und Gyps | 1566 |
| Gase im Meere | 1568 |

**Kapitel IV.**

| | |
|---|---|
| **Mechanische Absätze aus Gewässern** | 1570—1666 |
| Schwebende Theile der Flüsse | 1571 |
| Schwebende Theile der Gletscherflüsse | 1573 |
| Menge der schwebenden Theile | 1574 |
| Schwebende Theile der Flüsse | 1575 |
| Aufgelöste Carbonate | 1579 |
| Kohlensaurer Kalk nicht in den schwebenden Bestandtheilen | 1580 |

| | Seite |
|---|---|
| Kohlensaurer Kalk als Absatz im Bodensee | 1581 |
| Absätze des Rhein im Bodensee | 1582 |
| Zusammensetzung des Löfs | 1583 |
| Löfs und Thonschiefer | 1584 |
| Kohlensaurer Kalk im Löfs | 1585 |
| Thonabsätze des Rhein | 1586 |
| Schwebende Theile der Elbe uud Donau | 1587 |
| Schwebende Theile der Donau | 1588 |
| Kohlensaurer Kalk in den schwebenden Theilen der Donau | 1589 |
| Schwebende Theile der Weichsel | 1590 |
| Absätze des Nil | 1592 |
| Infusorien im Schlamm der Flüsse | 1593 |
| Absätze in den Rocky-Mountains | 1594 |
| Schwarze Erde in Rufsland | 1595 |
| Absätze des Nil und der Elbe | 1596 |
| Gruppirung der Schichten in Deltas | 1597 |
| Sedimentäre Bildungen in Alpenseen | 1598 |
| Absätze der schwebenden Theile im Meere | 1599 |
| Periodische Strömungen von grofser Ausdehnung | 1602 |
| Delta-Bildungen | 1603 |
| Schwebende Theile weit in das Meer hinein | 1605 |
| Sedimentäre Bildungen | 1606 |
| Schwebende Theile und Kalk in Flüssen | 1607 |
| Absätze im Meere | 1608 |
| Absätze des Uebergangsgebirges | 1609 |
| Absätze der Steinkohlenformation | 1613 |
| Absätze der permischen Formation | 1614 |
| Absätze der Trias-Formation | 1615 |
| Absätze der Kreide-Formation | 1616 |
| Absätze der Flüsse | 1617 |
| Frühere Absätze des Rhein | 1619 |
| Absätze des Rhein | 1620 |
| Kalk-Absätze | 1621 |
| Kalklager nicht aus Kalkschlamm gebildet | 1623 |
| Bildung der Kalklager | 1624 |
| Absätze unter Amsterdam | 1626 |
| Schlamm und Sand im Meere | 1629 |
| Analysen von Sandsteinen | 1630 |
| Analysen von bunten Sandsteinen | 1632 |
| Bunter Sandstein | 1634 |
| Sandsteine der Juraformation | 1635 |
| Analysen von Quadersandsteinen | 1636 |
| Quadersandstein | 1637 |

| | Seite |
|---|---|
| Grünsandstein | 1638 |
| Bindemittel der Sandsteine | 1639 |
| Analysen von Thonschiefern | 1643 |
| Gang-Thonschiefer | 1646 |
| Taunusschiefer | 1650 |
| Bildung des Albit auf nassem Wege | 1652 |
| Analysen von Kieselschiefer und Grauwacke | 1653 |
| Analysen von Thonschiefern | 1655 |
| Bildung kalkhaltiger Thonschiefer | 1656 |
| Analysen von Alaunschiefern | 1657 |
| Analysen von Alaunschiefern und Gneifs | 1659 |
| Analysen von Urthonschiefern | 1660 |
| Analysen von Schieferthonen | 1662 |
| Analsyen von Thonen | 1664 |
| Schiefergesteine überhanpt | 1665 |


## Kapitel V.

| | |
|---|---|
| **Das Steinsalz** | **1667—1747** |
| Steinsalz zu Bex | 1668 |
| Salze im Vesuv | 1669 |
| Organische Ueberreste im Steinsalz | 1671 |
| Steinsalz ein Absatz aus dem Meere | 1672 |
| Hypothesen über den Ursprung des Steinsalzes | 1673 |
| Analysen von Steinsalz | 1675 |
| Analysen von Seesalz | 1679 |
| Salze aus dem Meerwasser | 1680 |
| Pseudomorphosen nach Steinsalz | 1683 |
| Pseudomorphe Sandsteine nach Steinsalz | 1685 |
| Pseudomorphe Sandsteine nach Steinsalz | 1688 |
| Analysen von Salzsoolen | 1690 |
| Zersetzung von Chlormagnesium durch Schwefelbaryum | 1700 |
| Mittlerer Salzgehalt des Meerwassers | 1703 |
| Resultate der Soolen-Analysen | 1704 |
| Salzgehalt in der Tiefe des mitteländischen Meeres | 1710 |
| Zunehmender Salzgehalt mit der Tiefe | 1711 |
| Niedergehende Ströme in einer Wassersäule | 1714 |
| Concentration des Salzgehaltes durch Verdunstung | 1715 |
| Im Ocean keine Zunahme des Salzgehaltes | 1716 |
| Zunehmender Salzgehalt in Binnenmeeren | 1717 |
| Salzabsatz an den Bessarabischen Küsten | 1718 |
| Todtes Meer | 1719 |

| | Seite |
|---|---|
| Jordan Wasser | 1720 |
| Bildung des Todten Meeres | 1722 |
| Organismen in dem Boden des Todten Meeres | 1723 |
| Sedimente im Todten Meer | 1724 |
| Analysen von Salzthonen | 1725 |
| Löslichkeits-Verhältnisse des Kochsalzes | 1726 |
| Das Todte Meer mit Kochsalz gesättigt | 1727 |
| See von Oroomiah | 1728 |
| Salzseen in Russland | 1730 |
| Salzabsatz in den Salzseen | 1731 |
| Elton-See | 1732 |
| Elton-See eine concentrirte Mutterlauge | 1733 |
| Zuflüsse des Elton-See | 1734 |
| Schwankungen in der Zusammensetzung des Elton-See-Wassers | 1735 |
| Löslichkeits-Verhältnisse des Kochsalzes | 1736 |
| Elton-See | 1739 |
| Salzseen in Russland | 1740 |
| Löslichkeits-Verhältnisse des Gypses | 1743 |
| Great-Salt-Lake | 1745 |
| Great-Salt-Lake und Todtes Meer | 1747 |

## Kapitel VI.

| | |
|---|---|
| **Kohlenwasserstoffgas-Exhalationen** | **1748—1754** |
| Kohlenwasserstoffgas aus Knistersalz | 1751 |
| Analysen von Grubengas | 1752 |
| Kohlenwasserstoffgas der Hauptbestandtheil | 1754 |

## Kapitel VII.

| | |
|---|---|
| **Stein- und Braunkohlen** | **1755—1863** |
| Steinkohlen und bituminöse Substanzen | 1756 |
| Bitumen und Koprolithen | 1757 |
| Analysen von Koprolithen | 1758 |
| Braunkohlen und Steinkohlen | 1759 |
| Analysen von Stein- und Braunkohlen | 1760 |
| Analysen von Steinkohlen | 1761 |
| Analysen von Stein- und Braunkohlen | 1763 |
| Analysen von Braunkohlen | 1764 |
| Analysen von Braunkohlen, Asphalt und Torf | 1765 |
| Analysen von Torf | 1766 |

| | Seite |
|---|---|
| Analysen von Steinkohlen | 1767 |
| Zusammensetzung der Stein- und Braunkohlen | 1768 |
| Erdige Bestandtheile der Stein- und Braunkohlen | 1769 |
| Erdige Bestandtheile der Steinkohlen und Schieferthone | 1771 |
| Zersetzung des Holzes | 1773 |
| Umwandlung des Holzes in Steinkohle | 1775 |
| Kohlenwasserstoffgas-Entwickelungen | 1776 |
| Umwandlung des Holzes in Stein- und Braunkohle | 1778 |
| Zersetzungsprocesse des Holzes | 1779 |
| Umwandlung des Holzes in Steinkohle | 1781 |
| Umwandlung des Holzes in Anthracit | 1784 |
| Umwandlung das Holzes in Lignit | 1785 |
| Umwandlung des Holzes in Torf | 1787 |
| Umwandlung des Holzes in Asphalt | 1788 |
| Umwandlung des Holzes in Retinit | 1789 |
| Umwandlung des Holzes in Bernstein | 1790 |
| Umwandlung des Holzes in Humus | 1791 |
| Abnahme des Volumens beim Faulen des Holzes | 1794 |
| Verlust bei der Umwandlung des Holzes in Steinkohle | 1795 |
| Umwandlung des Holzes in fossiles Holz | 1796 |
| Umwandlung des Holzes in harzige Substanzen | 1797 |
| Umwandlung des Holzes in Bernstein | 1798 |
| Retinit und Asphalt | 1799 |
| Bitumen | 1800 |
| Kohlenwasserstoff-Verbindungen und Asphalt | 1801 |
| Steinöl und Bergtheer | 1802 |
| Erdpech, Ozokerit, Fichtelit, Hartit | 1803 |
| Kohlensäure-Exhalationen und Braunkohlen | 1804 |
| Umwandlung des bituminösen Holzes | 1805 |
| Zerstörung der vegetabilischen Materie | 1806 |
| Kohle eine der unzerstörbarsten Substanzen | 1807 |
| Treibholz und vermoderte Pflanzentheile | 1808 |
| Vermoderte Pflanzenpartikelchen sinken unter | 1810 |
| Vegetabilischer Detritus und Baumstämme | 1811 |
| Bildung der Steinkohlen aus vegetabilischem Dedritus | 1812 |
| Beweise für die sedimentäre Steinkohlen-Bildung | 1814 |
| Appalachian-Kohlenformation | 1815 |
| Kohlenformation in Rufsland | 1819 |
| Material zur Steinkohlen-Bildung | 1820 |
| Torf, Material zur Steinkohlen-Bildung | 1822 |
| Material zur Steinkohlen-Bildung | 1823 |
| Steinkohlen-Bildung von Torfmooren | 1824 |
| Schichten der Steinkohlen-Formation | 1825 |

Seite
Bildung der Schieferthone . . . . . 1826
Versteinerte Baumstämme . . . . . 1827
Zersetzung des Holzes durch schwefelsaure Salze . 1828
Eisenkies in Steinkohlen . . . . 1829
Versteinerung durch Kieselsäure . . . . 1830
Calamiten durch Sphärosiderit versteinert . . 1831
Eisenerze mit Pflanzen-Abdrücken . . . 1832
Eisenerze aus der Steinkohlenformation . . . 1833
Kohleneisensteine von Bochum . . . . 1835
Reduction erdiger Bestandtheile der Steinkohlen . 1839
Sphärosiderite in Calamiten durch Reduction gebildet 1841
Versteinerungsmittel im Kohlengebirge . . . 1842
Incrustationen vorweltlicher Pflanzen . . . 1843
Baumstämme in der Steinkohlenformation . . 1844
Analyse der Ausfüllungsmasse . . . . 1846
Entstehung der versteinerten Baumstämme . . 1847
Versteinerte Kohlen . . . . . . . 1855
Nachtrag zu S. 1770 und 1771 . . 1855—1863
Versteinerte Kohle . . . . . . . 1856
Analysen versteinerter Kohlen . . , . 1857
Bildung versteinerter Kohlen . . . . 1861

## Kapitel VIII.

Erze . . . . . . . . 1864—2135
Altersfolge der Erze . . . . . . 1865
Folge der Bildung der Gangarten . . . . 1871
A. Kieselsaure Metalloxyde . . . 1876—1902
Silicate . . . . . . . . 1879
Kieselzink nach anderen Mineralien . . . 1881
Zersetzung des Kieselzinks durch Kohlensäure . . 1882
Zersetzungsproducte von Kieselzink . . . 1883
Silicate . . . . . . . . 1884
Kieselkupfer nach anderen Mineralien . . . 1885
Zersetzung der Kupfersilicate durch Kohlensäure . 1886
Zersetzung der Kupfersilicate . . . . 1888
Kupfersilicate . . . . . . . 1889
Silicate . . . . . . . . 1891
Verhalten der Silicate zu Schwefelwasserstoff . . 1895
Silicate . . . . . . . . 1899
Kupfer im Thonschiefer . . . . . 1900
Metalle in verschiedenen Gesteinen . . . 1901

Seite

B. Aluminate . . . . . . 1902—1903

C. Schwefelmetalle . . . . 1903—1947

Natürliche und künstliche Schwefelmetalle . . 1906

Einfache Schwefelmetalle . . . 1907—1936

Schwefelmetalle . . . . . . 1907
Kupferkies und Kupferindig . . 1911
Buntkupfererz nach Kupferglanz . . . 1912
Kupferkies Zersetzungsproduct von Fahlerz . 1914
Fahlerze . . . . . . . 1917
Umwandlung von Fahlerz in Kupferkies . . 1918
Kupferkies nach Nadelerz u. s. w. . . . 1921
Umwandlung von Kupferkies in Kupferindig . . 1922
Umwandlung von Kupferkies in Kupferpecherz . . 1924
Bildung von Kupferoxydsilicat . . . . 1925
Bleiglanz . . . . . . . 1926
Umwandlungen des Bleiglanzes . . . . 1927
Fortführung der Bleisalze . . . . 1931
Schwefelmetalle . . . . . . 1932
Zinnober nach Fahlerz . . . . . 1933
Zinnober nach Eisenkies . . . . . 1934
Schwefelmetalle . . . . . . 1935

Zusammengesetzte Schwefelmetalle . . 1936—1947

1) Elektropositive Schwefelmetalle mit elektropositiven Schwefelmetallen . . . . . 1936
2) Elektropositive Schwefelmetalle mit elektronegativen Schwefelmetallen . . . . . . 1937
Zusammengesetzte Schwefelmetalle . . . 1938
Bildung von Arsenikkies . . . . . 1942
Regeneration von Arsenikkies . . . . 1943
Zusammengesetzte Schwefelmetalle . . . 1944
Fahlerz . . . . . . . 1945
Zusammengesetzte Schwefelmetalle . . . 1947

D. Selenmetalle . . . . . . 1947—1949

E. Antimon- und Arsenikmetalle . . 1949—1954

Speiſskobalt . . . . . . . 1952
Oxydation des Speiſskobalt . . . . 1953
Zersetzung des Speiſskobalt . . . . 1954

F. Tellurmetalle . . . . . . 1955—1956

Aeltere metallsaure Salze . . . 1956—1979

Seite

G. Titansaure Salze . . . 1956—1959
Titaneisen . . . . . . . . 1957
Titansaure Salze . . . . . . 1958
H. Tantalsaure, niobsaure und pelopsaure Salze 1959—1962
I. Wolframsaure Salze . . . 1962—1978
Wolframit . . . . . . . . 1963
Wolframit und Kaprolith . . . . . 1965
Steinmark nach Wolframit . . . . . 1966
Künstliches wolframsaures Eisenoxydul . . . 1968
Umwandlung von Wolframit in Scheelit . . 1969
Verdrängung des Wolframit durch Quarz . . 1971
Scheelit . . . . . . . 1972
Zersetzung des Scheelit . . . . . 1973
Künstlicher wolframsaurer Kalk . . . . 1974
Bildung des wolframsauren Kalk . . . . 1975
Wolframit nach Scheelit . . . . . 1976
Wolframsaures Bleioxyd . . . . . 1977
Wolframsaure Salze . . . . . . 1978
Jüngere metallsaure Salze . . . 1979—2021
K. Molybdänsaure Metalloxyde . . 1979—1982
Molybdänsaures Bleioxyd . . . . . 1979
Molybdänsaurer Kalk . . . . . 1980
Künstlicher molybdänsaurer Kalk . . . . 1981
Molybdänsaures Eisenoxyd . . . . 1982
L. Chromsaure Metalloxyde . . . 1982—1985
Bildung der Chromsäure . . . . . 1984
M. Vanadinsaure Metalloxyde . . 1985—1986
N. Antimonsaure Metalloxyde . . 1986—1987
O. Arseniksaure Salze . . . 1987—1990
Arseniksaure Metalloxyde . . . . . 1989
P. Kohlensaure Metalloxyde . . . 1990—2005
Malachit . . . . . . . . 1993
Bildung des Malachit . . . . . . 1994
Malachit ein Absatz aus Gewässern . . . 1995
Kupferlasur . . . . . . . 1996
Malachit nach Kupferkies . . . . 1997
Malachit nach Fahlerz . . . . . 1998
Malachit in Verdrängungs-Pseudomorphosen . . 1999
Weifsbleierz . . . . . . . 2000
Kohlensaures Bleioxyd . . . . . 2001

| | Seite |
|---|---|
| Kohlensaure Metalloxyde | 2002 |
| Kohlensaures Silberoxyd | 2005 |
| **Q. Phosphorsaure Salze** | **2005—2011** |
| Verwitterter Triphylin | 2007 |
| Spodumen in Begleitung von Triphylin | 2008 |
| Pyromorphit | 2009 |
| Bleiglanz nach Pyromorphit | 2010 |
| **R. Schwefelsaure Metalloxyde** | **2011—2015** |
| Bildung der Bleilasur | 2014 |
| **S. Chlor-, Brom-, Jod- und Fluormetalle** | **2015—2021** |
| Chlormetalle | 2016 |
| Bildung von Silberhornerz | 2018 |
| Gediegenes Silber nach Bromsilber | 2019 |
| Jodmetalle | 2020 |
| Fluormetalle | 2021 |
| **T. Metalloxyde und Verbindungen derselben mit einander, welche keine metallsauren Metalloxyde sind** | **2021—2050** |
| **Aeltere Metalloxyde** | **2021—2037** |
| Zinnstein | 2022 |
| Zinnsäure in löslicher Modification | 2023 |
| Vorkommen der Zinnsteine | 2024 |
| Zinnstein nach Feldspath | 2025 |
| Natürliches Zinnoxydsilicat | 2027 |
| Künstliches Zinnoxydsilicat | 2028 |
| Zinnsäure löslich in kohlensaurem Kali | 2029 |
| Zinnstein löslich in kohlensaurem Kali | 2030 |
| Zinnsaure Kalkerde | 2031 |
| Zinnsäure in Alkalien und alkalischen Erden löslich | 2032 |
| Zinnerz wird aus dem Nebengesteine in die Gänge geführt | 2033 |
| Zinnerz im Gebirgsgestein | 2034 |
| Zinnerz-Pseudomorphosen nach Feldspath | 2035 |
| Anatas und Rutil | 2036 |
| **Jüngere Metalloxyde** | **2037—2050** |
| Metallsäuren | 2039 |
| Antimonblüthe und Antimonocher | 2040 |
| Antimonocher und Antimonblende | 2041 |
| Arseniksäuren | 2042 |
| Kupferschwärze und Kupferpecherz | 2044 |
| Kupferpech- und Rothkupfererz | 2045 |

| | Seite |
|---|---|
| Kupferoxyde | 2046 |
| Schwerbleierz und Wismuthocher | 2048 |
| Uranoxyd | 2050 |
| **U. Gediegene Metalle** | **2051—2078** |
| Gediegenes Gold | 2051 |
| Gold im Eisenkies | 2053 |
| Gold im Silber | 2054 |
| Löslichkeit des Goldsilicat | 2055 |
| Goldsilicat | 2056 |
| Gold und Platin | 2057 |
| Vorkommen des Platin | 2058 |
| Löslichkeit des Platinsilicat | 2059 |
| Verbreitung des Platin | 2060 |
| Iridium, Osmium, Palladium und Rhodium | 2061 |
| Edle Metalle in Alluvionen | 2062 |
| Vorkommen des gediegenen Silbers | 2063 |
| Reduction des Silbers durch Wasserdämpfe | 2067 |
| Fortführung des Schwefelsilbers | 2071 |
| Gediegenes Kupfer | 2073 |
| Gediegenes Eisen | 2076 |
| **V. Vorkommen der Metalle in Quellen und in Absätzen** | **2078—2091** |
| Metalle in Quellen | 2079 |
| Metalle in Ocherlagern | 2082 |
| Metallische Substanzen und Kieselsäure in Absätzen | 2087 |
| Arsenik in Eisenoxydhydrat-Absätzen | 2088 |
| Ursprung des Arsenik in Quellen | 2090 |
| Ausscheidung des Arsenik aus Quellen | 2091 |
| **W. Structur-Verhältnisse in den Gängen** | **2091—2096** |
| Bandförmige Structur in Gängen | 2092 |
| Bandförmige Structur in Absätzen | 2093 |
| Mechanische Ausfüllung der Spalten | 2094 |
| Ausschram und Letten | 2095 |
| Krystallinische Bildungen in Gängen | 2096 |
| **X. Folgerungen aus dem Zusammenvorkommen verschiedener Gangglieder** | **2096—2106** |
| Quarz und Erze in Gängen | 2097 |
| Gangglieder | 2098 |
| Quarz und Eisenerze in Gängen | 2099 |
| Quarz und Schwefelmetalle in Gängen | 2100 |
| Wechsel zwischen Kalkspath und Bleiglanz | 2101 |

| | Seite |
|---|---|
| Gleicher Ursprung der Ganglieder | 2102 |
| Flufsspath als Gangglied | 2103 |
| Baryt in Quellen | 2104 |
| Antimonglanz in Nestern | 2106 |
| **Y. Beziehungen zwischen den Erzgängen und dem Nebengesteine** | **2106—2121** |
| Bildung der Erze | 2107 |
| Gangarten stammen vom Nebengesteine ab | 2109 |
| Zersetztes Gestein neben den Gängen | 2110 |
| Erzgänge und Nebengesteine | 2111 |
| Kreuzende und schleppende Gänge | 2114 |
| Einflufs des Nebengesteins auf die Gänge | 2115 |
| Mineralien und Metallgehalt | 2117 |
| Pseudomorphosen in Gängen | 2119 |
| Bildung krystallinischer Gesteine aus amorphen | 2120 |
| **Z. Genesis der Erze** | **2121—2134** |
| Bildung der Schwefelmetalle | 2123 |
| Schwefelwasserstoff-Entwicklungen | 2124 |
| Zusammengesetzte Schwefelmetalle | 2126 |
| Reduction der schwefelsauren Salze | 2127 |
| Zersetzung der schwefelsauren Salze durch Pflanzen | 2128 |
| Organische Ueberreste bilden Schwefelmetalle | 2129 |
| Eisenkies im Eisenspath | 2130 |
| Kupferkies im Eisenspath | 2131 |
| Bildung von Selen- und Arsenikmetallen | 2132 |
| Arsenikmetalle und arseniksaure Metalloxyde | 2133 |
| Bildung von Antimon- und Tellurmetallen | 2134 |

## Fünfter Abschnitt.

| | |
|---|---|
| **Krystallinische Gesteine** | **2135—2352** |

### Kapitel I.

| | |
|---|---|
| **Phonolith** | **2136—2174** |
| Analysen von Phonolithen | 2140 |
| Analysen des zeolithischen Theils | 2142 |
| Analysen des feldspathigen Theils | 2143 |
| Glasiger Feldspath gegen Säuren | 2144 |
| Zusammensetzung der Phonolithe | 2146 |
| Zersetzung der Phonolithe | 2148 |
| Wasserhaltige Silicat-Bildungen. | 2151 |
| Löslichkeit des Apophyllit | 2153 |

Seite
Zersetzung des Apophyllit . . . . 2154
Zeolith nach einem wasserhaltigen Mineral . . 2155
Spreustein nach Eläolith . . . . . 2156
Umwandlung des Eläolith in Natrolith . . . 2157
Ausscheidung des Thonerde-Kali . . . . 2158
Ausscheidung von Thonerde aus Kali-Thonerde-Silicat . 2159
Prehnit nach Zeolithen . . . . . 2160
Zersetzung des Thonerdesilicat durch Kalksalze . 2161
Bildung der Thonerdehydrate . . . . 2164
Zersetzung des Thonerdesilicat durch Magnesiasalze . 2165
Bildung von Kalk- und Magnesiasilicaten . . 2167
Pseudomorphosen von Feldspath nach Zeolithen . 2170
Orthoklas nach Laumontit . . . . 2171
Orthoklas nach Analcim . . . . 2172
Umwandlung von Zeolithen in Feldspath . . . 2174

## Kapitel II.

Trachytische Gesteine . . . . 2176—2253
Analysen von Trachyten . . . . . 2179
A. Trachytische Gesteine des Siebengebirges und der Eifel . . . . . 2179—2192
Ausfüllungen von Klüften . . . . . 2180
Analysen von Trachyten . . . . . 2181
Analysen von Trachytconglomerat . . . . 2186
Analyse eines Trachytporphyr . . . . 2187
Analysen von glasigen Feldspathen . . . 2188
Bildung des Trachytconglomerat . . . 2190
Bildung der glasigen Feldspathe . . . . 2191
Analysen von Trachyten . . . . . 2192
B. Trachyte in Ungarn und Steiermark . 2192—2195
Zersetzungsprodukte von Trachyten . . . 2194
Analysen trachytischer Laven . . . . 2195
C. Trachytische Laven von Ischia, vom Monte Nuovo und von den Campi Flegraei . 2195—2201
Alter trachytischer Lavastrom . . . . 2196
Trachytische Laven und Analysen derselben . . 2197
Phonolith aus Feldspathlava . . . . 2201
D. Trachytporphyre auf den Ponza-Inseln im Mittelländischen Meere . . . 2202—2204
Trachytporphyre . . . . . 2203

Seite
E. Trachytische Gesteine auf Teneriffa . 2204—2206
F. Trachytische Gesteine des centralen Kegels der Soufrière auf Guadeloupe . . 2206
G. Trachytische Gesteine auf Island . 2207—2210
H. Trachytische Gesteine im Hochlande Armenien's . . . . . 2210—2216
Trachyt-Dolerite . . . . . . 2214—2215
I. Trachytische Gesteine der Andeskette . . 2216
K. Perlsteine und Pechsteine . . 2217—2222
L. Obsidiane und Bimssteine . . 2222—2240
Bimssteine vom Laacher-See . . . . 2227
Veränderungen der Bimssteine . . . . 2233
Bimssteine in den Umgebungen des Laacher-See's . 2235 u. 2240
Bimsstein-Eruptionen aus dem Krufter Ofen . . 2236
Verbreitung der Bimssteine . . . . 2237
Höhen-Verhältnisse der Bimssteine . . . 2238
Fortführung der Bimssteine . . . . 2239
M. Trachyttuffe . . . . . . 2240—2253
Trachyt- und Bimssteintuffe und Puzzolane . . 2241
Trafs oder Duckstein . . . . . . 2242
Trafs im Brohlthal . . . . . . 2243
Trafs im Nettethal und im Riese . . . 2244
Klassification der trachytischen Gesteine . . . 2245
Trachyte und Phonolithe . . . . 2247
Zersetzter Trachyt . . . . . . 2248
Zersetzung des Trachyt . . . . . 2249
Trachytische Gesteine aus Laven gebildet . . 2250
Quarzausscheidung nicht auf plutonischem Wege . 2251
Bildung der Trachyte . . . . . 2252

## Kapitel III.

Basaltische Gesteine . . . . . 2254—2264
Zusammensetzung der Trapp- und basaltischen Gesteine 2255
Umwandlungen des Basalt . . . . . 2256
Nephelin-Fels . . . . . . 2257
Gieseckit und Liebenerit . . . . . 2258
Umwandlung des Nephelin in Liebenerit . . 2259
Analyse des Nephelin-Fels . . . . . 2260
Gemengtheile des Nephelin . . . . . 2261
Veränderung des Nephelin . . . . . 2262

Seite
Nephelin in der Grundmasse basaltischer Gesteine . 2263
Zeolithe in der Grundmasse der Basalte . . . 2264

## Kapitel IV.

Leucit und leucitische Gesteine . . 2265—2303
v. Buch über die Bildung der Leucite . . . 2266
Gröſsere Leucite in neueren Laven als in alten . . 2267
Monticelli und Covelli über Leucit . . . 2268
Hoffmann über Leucit . . . . . 2269
Vom Vesuv ausgeworfene Leucite . . . . 2270
Leucitkrystalle von Roccamonfina . . . . 2271
Leucit im Gestein von Rieden . . . . 2272
Strengflüssigkeit des Leucit . . . . 2273
Schmelzversuche mit Leucitgestein . . . 2274
Augitkrystalle im Leucit . . . . . 2275
Bildung des Leucit auf nassem Wege . . . 2276
Präexistenz der Leucite in der Lava . . . 2277
Verhalten geschmolzener Massen bei der Erstarrung . 2278
Bildung und Vorkommen des Leucit . . . 2279
Präexistenz der Leucite in der Lava . . . 2281
Feuerflüssige und wässrige Bildung des Leucit . . 2282
Krystallisation des Leucit . . . . . 2283
Bildung der Leucite von Roccamonfina . . . 2284
Krystallisation des Leucit . . . . . . 2285
Einschlüsse im Leucit . . . . . . 2286
Bildung groſser Leucitkrystalle . . . . 2287
Zusammensetzung der Leucite . . . 2287—2293
Analysen von Leuciten . . . . . 2288
Alle Leucite enthalten Natron . . . . 2291
Schwankungen in der Zusammensetzung der Leucite . 2292
Umwandlungen des Leucit . . . . . . 2293
Feldspath nach Leucit . . . . . . 2293
Kaolin nach Leucit . . . . . . . 2294
Kaoline . . . . . . . . 2295
Analysen leucitischer Gesteine . . . . . 2295—2298
Analysen von Leucitlaven . . . . . . 2296—2298
Zusammensetzung der Leucitlaven . . . . 2299
Schmelzhitze der Lava des Vesuv . . . . 2300
Leucitische und basaltische Gesteine . . . 2301
Leucitgestein unweit des Laacher-See . . . 2302
Leucitische Gesteine . . . . . 2303

Seite

## Kapitel V.


Granitische Gesteine . . . . . 2304—2321
A. Granit . . . . . . . . 2304
Gemengtheile des Granit . . . . . . 2305
Analysen von Graniten . . . . . . 2305—2313
Gemengtheile der analysirten Granite . . . 2314—2321
B. Syenit . . . . . . . . . 2321
Analysen von Syeniten . . . . . 2322—2324
C. Feldsteinporphyre . . . . . . 2323
Grundmasse der Feldsteinporphyre . . . 2323—2325
Analysen von Feldsteinporphyren . . . 2325—2328 u. 2330
Zersetzungsproducte in Feldsteinporphyren . . 2329
Analysen von Feldsteinporphyren und Oligoklasen . 2331
Bestandtheile der Feldsteinporphyre . . . 2332
Gemengtheile derselben . . . . . 2333—2334
Schwierige Bestimmung derselben . . . . 2335
D. Granulite (Weifssteine, Leptinite) . 2335—2338
Analysen von Granuliten . . . . . . 2336
Feldspath in denselben . . . . . 2337
Gemengtheile derselben . . . . . 2338
Vergleichung quarzhaltiger Gesteine mit einander . 2338—2341
Granite u. Trachytporphyre von ähnlicher Zusammensetzung 2339—2340
Krystallinische Metamorphosen nach der Erstarrung . 2341—2342
Ungleiche Schmelzbarkeit krystallinischer und amorpher Gesteine . . . . . . . 2343
Parallele zwischen Thonschiefer und Feldsteinporphyr . 2344
Innige Verknüpfung zwischen Kalkstein und Gneifs . 2345
Umwandlung des Kalksteins in Marmor und Dolomit und Gneifsbildung . . . . . 2346
Adular und Kalkspath in innigster Verknüpfung . 2347
Verdrängung von Kalkspath durch Periklin . . 2348
Kein Gestein ist mehr Verdrängungs-Pseudomorphosen ausgesetzt als Kalkstein . . . . 2349
Umwandlung des Kalksteins in Gneifs durch Verdrängung 2350
Zersetzung quarzhaltiger Feldspathgesteine . . 2351
Kreislauf im Mineralreiche . . . . . 2352

# Kap. X.

## H o r n b l e n d e.

Wie der Augit, so spielen auch die verschiedenen Arten der Hornblende eine wichtige Rolle im Mineralreiche; denn sie sind theils wesentliche, theils zufällige Gemengtheile mannichfaltiger und sehr verbreiteter Gebirgsarten. Sie sind, wie die Augite, Silicate mehrerer isomorphen Basen, namentlich der Kalkerde, Magnesia, des Eisen- und Manganoxyduls, und des Eisen- und Manganoxyds. In der gemeinen Hornblende, in den Grammatiten, Strahlsteinen kommt noch Thonerde hinzu. Die Hornblenden gehören zu den Fluor-haltigen Mineralien (Bd. I. S. 479. 486. 514. 521.) und darin unterscheiden sie sich von den Augiten, in denen man kein Fluor findet.

Die eisenreichen Hornblenden werden von Salzsäure theilweise zersetzt, die übrigen jedoch nicht sonderlich angegriffen. Auch die Schwefelsäure zerlegt sie nur in geringem Grade. Nach dem Glühen oder Schmelzen verhalten sie sich nicht anders (v. K o b e l l). Eine von K e r s t e n *) analysirte Hornblende-Varietät wurde durch längere Zeit fortgesetzte Behandlung mit concentrirter Salzsäure und concentrirter Schwefelsäure völlig zerlegt.

Die dunkelfarbigen, namentlich die gemeinen Hornblenden und die stängligen, sind der Verwitterung mehr unterwor-

*) n. Jahrb. 1845. S. 651.

fen, als die lichtfarbigen und körnigen (Breithaupt). Die Hornblenden scheinen im Allgemeinen schwieriger zu verwittern, als die Augite, welches, sofern die Verwitterung durch Carbonat-Bildung erfolgt, damit zusammenhängt, daſs sie weniger Kalk enthalten, als diese. Daher brausen auch Hornblendegesteine so selten mit Säuren. Unzählige Syenite und Diorite, verwitterte und nicht verwitterte, prüfte ich auf einer Excursion über den *Felsberg* im *Odenwalde* mit Säuren, aber auch nicht einer brauste. Ebenso verhielten sich Felsblöcke eines feinkörnigen Gesteins auf dem *Mellibokus* und viele Lesesteine eines ähnlichen Gesteins am Abhange dieses Berges. Bloſs in einem Steinbruche im *Weidenthale*, wo ich ein solches Gestein gangförmig in einem grobkörnigen Diorit fand, zeigte sich auf den Absonderungsflächen ein dünner Ueberzug von kohlensaurem Kalk. Im Inneren brauste dieses Gestein aber nicht. Es fragt sich übrigens noch, ob jener Ueberzug von verwittertem Gesteine herrührt; denn der Löſs zieht sich viel höher am Berge hinauf; daher könnten wohl die Gewässer aus diesem den kohlensauren Kalk herabgeführt und zwischen den Absonderungsflächen abgesetzt haben. Im Trachyt des *Stenzelberges* im *Siebengebirge*, der manchmal sehr reich an gröſsern Parthien von Hornblendekrystallen ist, habe ich gleichfalls kein Brausen mit Säuren wahrgenommen.

G. Rose fand dagegen, nach brieflicher Mittheilung, daſs die Granite und Syenite, bei *Meiſsen* und *Dresden*, mit Säuren brausen, was auch schon Cotta erwähnt. Die Granite enthalten in der Regel Hornblende; legt man die Stücke in Säuren, so sieht man, daſs das Brausen nur von den Rändern der Hornblendekrystalle ausgeht.

Die Verwitterung der dunkelfarbigen, mithin eisenreichen Hornblenden beginnt mit höherer Oxydation des Eisens; daher findet man so häufig an den Aussen- und auf den Bruchflächen zerfressene Stellen und Löcher mit Eisenoxydhydrat ausgekleidet.

Die gänzliche Verwitterung endet mit dem Zerfallen in ocherbraune Erde. In einer früheren Periode der Zersetzung scheint sich auch manchmal ein Theil des Eisens als Magneteisen auszuscheiden. v. Bonsdorff *) bemerkt nämlich

*) Schweigg. Journ. Bd. XXXV. S. 144.

von einer rabenschwarzen, spiegelglänzenden Hornblende, dafs deren gröberes Pulver vom Magnete angezogen wurde.

Wir versuchen nun, wie bei den Augiten, aus den Resultaten der meisten Analysen der Hornblenden die normale Mischung derselben kennen zu lernen.

## A. Thonerdefreie Hornblenden.

Die berechnete Menge der Sauerstoffantheile der Basen gründet sich auf die Voraussetzung, dafs sie $\frac{4}{9}$ vom Sauerstoff der Kieselsäure betrage.

### I. Kalk, Magnesia-Hornblenden.

| | Sauerst. der Kieselsäure | Basen gefund. | Basen berechnet | Differenz zwischen d. berechneten u. gefundenen Menge. |
|---|---|---|---|---|
| 1) Farblos. Grammatit eingewachsen in Kalkspath von *Gullsjö*. von Bonsdorff [1] | 31,02 | 13,80 | 13,79 | + 0,01 |
| 2) Grünlichweifser Grammatit mit hellgrünen Flecken. Hisinger [2] | 30,64 | 13,81 | 13,62 | + 0,19 |
| 3) Honiggelber Grammatit eingewachsen in Talk von *Fahlun*. von Bonsdorff [3] | 31,21 | 13,57 | 13,90 | — 0,33 |

1) Schweigger's Journ. Bd. XXXV. S. 136 ff.
2) Ebendas. Bd. XXIII. S. 257.
3) A. a. O.

| | Sauerst. der Kieselsäure | Basen gefund. | Basen berechnet | Differenz |
|---|---|---|---|---|
| 4) Glasiger Strahlstein vom *Taberg*, aus einem Magneteisen-Lager. Derselbe [4] | 31,02 | 13,17 | 13,79 | — 0,62 |
| 5) Grammatit vom *St. Gotthardt*. Damour [5] | 30,15 | 13,57 | 13,40 | + 0,17 |

II. Magnesia-, Eisenoxydul-Hornblenden.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 6) Antophyllit von *Kongsberg*. Vopelius [6] | 29,46 | 13,06 | 13,09 | — 0,03 |
| 7) Desgleichen von *Perth* in *Ober-Canada*. Thomson [7] | 29,91 | 14,33 | 13,62 | + 0,71 |

III. Kalk-, Magnesia-, Eisenoxydul-Hornblenden.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 8) Asbestartiger Strahlstein vom *Taberg*. Murray [8] | 30,89 | 12,99 | 13,73 | — 0,74 |

4) A. a. O.
5) Journ. f. pract. Chem. Bd. XXXVIII. S. 129.
6) Poggend. Annal. Bd. XXIII. S. 355.
7) Journ. f. pract. Chem. Bd. XIV. S. 39.
8) Rammelsberg 2tes Suppl. S. 60.

| | Sauerst. der Kieselsäure | Basen gefund. | Basen berechnet | Differenz |
|---|---|---|---|---|
| **IV. Natron-Eisenoxydul-Hornblende.** | | | | |
| 9) Arfvedsonit. | | | | |
| v. Kobell 9) | 25,59 | 11,92 | 11,38 | + 0,54 |

Wir haben einige ältere Analysen von thonerdefreien Hornblenden ausgeschlossen, weil sie entweder nicht ganz fehlerfrei sind, oder mit unreinem Material angestellt wurden. Die Differenzen zwischen gefundenem und berechnetem Sauerstoffgehalte der Basen in den angeführten Analysen fallen innerhalb der Grenzen 0,01 und 0,74 Proc.; sie sind daher so gering, dafs sie wohl von Fehlern der Analyse herrühren können. Da der

9) Journ. f. pract. Chem. Bd. XIII. S. 3. Die 2 Proc. Thonerde sind zu den Basen gerechnet worden. Später wurde der sogenannte Aegrin im Syenit von *Brevig* in *Norwegen* von Plantamour analysirt, der zu obigem Arfvedsonit zu gehören scheint, indem er gleichfalls 7,79 Proc. Natron und 2,96 Proc. Kali enthält. Rechnet man wiederum die Thonerde zu den Basen, so erhält man für den Sauerstoff der Kieselsäure 24,4 und für den Sauerstoff der Basen 14,18. Rechnet man aber die Thonerde zur Kieselsäure, so erhält man das Sauerstoffverhältnifs 25,994 : 12,587; also nahe so, wie wir es unten für die thonerdehaltigen Hornblenden angenommen haben. Nach Scheerer (Poggend. Annal. Bd. LXI. S. 543) sind zwei, vielleicht drei chemisch verschiedene, äusserlich aber ähnliche Mineralien mit dem Namen Aegrin bezeichnet worden. Das von Tamnau und Esmark beschriebene und von Plantamour analysirte scheint nichts als Hornblende zu sein. Das von Wallmark und A. Erdmann untersuchte und dem Augit sehr nahe stehende Mineral dürfte eine eigene Species bilden.

Der wirkliche Alkaligehalt jener Hornblende ist nach vorstehenden Untersuchungen nicht zu bezweifeln. Ob auch die Alkalien in der basaltischen Hornblende von *Bilin* (0,96 Proc. Natron und 1,89 Proc. Kali (Struve in Poggend. Annal. Bd. VII. S. 350) und in der Hornblende des Syenits von *Servance* (2,95 Procent Kali und etwas Natron Delesse a. u. a. O.) wesentliche, oder nur von beigemengter Feldspathsubstanz herrührende Bestandtheile sind, müssen wir dahin gestellt lassen. Uebrigens fand schon Pfaff (Schweigger's Journ. 1816. Bd. XVIII. S. 73) in der Hornblende von *Arendal* Kali.

berechnete Sauerstoffgehalt der Basen eben so oft gröfser, wie kleiner, als der gefundene ist, und die Unterschiede sich nach beiden Seiten hin das Gleichgewicht halten: so sind wir berechtigt, 0,444 für den normalen Sauerstoffquotienten zu halten (S. 645). Vielleicht dafs in 4 und 8 von den Basen und in 7 von der Kieselsäure schon etwas ausgeschieden worden ist. Solche bedeutende Differenzen, wie bei den Augiten (S. 513 ff.), wo eine theilweise Ausscheidung der Basen entschieden stattgefunden hatte, finden sich nicht bei den bisher analysirten thonerdefreien Hornblenden. Hieraus folgt, dafs diese weniger als jene der Zersetzung unterworfen sind, und darauf deutet auch der geringe Wassergehalt der Hornblenden, der nach v. Bonsdorff nur 0,1 bis 0,5 Proc. beträgt. In der Weifsglühehitze stieg indefs der Glüheverlust von 1 bis auf 2,29 Proc., der jedoch von ausgetriebenem Fluorkieselgas herrührte. Wasserquantitäten, wie sie manche Sahlite zeigen (S. 516.), die bis zu 5 Proc. steigen, finden sich bei den Hornblenden nicht; nur der Antophyllit von *Perth* enthielt 3,6 Proc. Es ist ohne Zweifel der gröfsere Kalkgehalt in den Augiten, der sie zur Zersetzung geneigter macht, als die Hornblenden.

## Thonerdehaltige Hornblenden.

In diesen Hornblenden nimmt die Thonerde zu, wenn die Kieselsäure abnimmt; sie findet sich darin viel häufiger, und ihr Gehalt steigt im Allgemeinen höher, als in den Augiten. Diese Thonerde hat es bisher unmöglich gemacht, die Zusammensetzung der thonerdehaltigen Hornblenden mit der der thonerdefreien zu vereinbaren. v. Bonsdorff *) nahm an, dafs die Thonerde einen Theil der Kieselsäure ersetze, indem 3 At. Thonerde 2 Atomen Kieselsäure entsprächen. Rammelsberg **) erhielt durch Berechnung der vorhandenen Analysen das Resultat, dafs die grofse Mehrzahl oft nur dann, oft wenigstens viel vollständiger die Zusammensetzung der thonerdefreien Abänderungen darstellt, wenn man die Thonerde als einen Vertreter der Kieselsäure betrachtet. Er zeigt, dafs man dann dem Verhältnisse des Sauerstoffs der Basen zu

*) Schweigg. Journ. Bd. XXXV. S. 155.

**) Erstes Suppl. S. 73.

dem der Kieselsäure = 4 : 9 ziemlich nahe kommt, ohne es jedoch ganz zu erreichen. Ganz isolirt stehen zwei Analysen da, von denen eine schon ohne Thonerde das Verhältnifs von 4 : 9 zeigt, die andere sogar zu viel Kieselsäure für dieses Verhältnifs liefert.

Das Verhältnifs wie 4 : 9 läfst sich nicht als ein mittleres, aus den Analysen abgeleitetes betrachten; denn der Sauerstoff der Kieselsäure und der Thonerde beträgt in den von Rammelsberg zusammengestellten Analysen stets mehr, als das $\frac{9}{4}$fache von dem der Basen, und diese Differenz steigt bis auf 2,5 Proc.

Es ist bekannt, dafs die Thonerde von den Aetzalkalien und selbst von der Baryt- und Strontianerde aufgelöst wird. Mit Talkerde und Zinkoxyd ist sie im Spinell und Gahnit, in sehr harten und sehr schwierig zersetzbaren Mineralien, enthalten. Wird Thonerde mit Magnesia aus einer gemeinschaftlichen Auflösung gefällt: so wird der Niederschlag nur unvollkommen durch Aetzkali zerlegt; er ist daher eine chemische Verbindung. Die Thonerde hat demnach eine grofse Neigung, sich mit den Alkalien, alkalischen Erden und einigen der stärkeren Metalloxyde zu verbinden, und verhält sich gegen dieselben wie eine Säure. Der Annahme steht mithin nichts entgegen, dafs die Thonerde in den Hornblenden die Rolle einer Säure spiele. Da in allen thonerdehaltigen Hornblenden Magnesia enthalten ist: so könnte sie wohl an diese Erde gebunden sein. Wenn auf der andern Seite die Thonerde, der Kieselsäure gegenüber, in der grofsen Mehrzahl der Mineralien, namentlich in den Feldspathen, unverkennbar die Rolle einer Basis spielt: so müssen wir es für möglich halten, dafs diese Erde in den Hornblenden theils als Basis mit Kieselsäure, theils als Säure mit einer Basis, namentlich mit Magnesia verbunden, enthalten sein könne. In den thonerdehaltigen Hornblenden nimmt mit zunehmender Thonerde das Eisenoxydul ab und mit abnehmender Thonerde zu. Offenbar vertreten sich daher beide Basen ebenso in den Hornblenden, wie sie sich so häufig in andern Mineralien vertreten. In diesem Falle kann aber die Thonerde nicht einzig und allein ein elektronegativer Bestandtheil sein.

Da wir über die Anordnung der Bestandtheile in den

Mineralien überhaupt nur Vermuthungen wagen können: so ist jede erlaubt, wenn sie nur nicht auf Widersprüche führt. Es kommt darauf an, einen allgemeinen Ausdruck für die thonerdehaltigen Hornblenden zu finden, unter den sich die bis jetzt analysirten bringen lassen. Setzen wir, der Sauerstoff der elektronegativen Bestandtheile sei das Zweifache von dem der Basen, da das $\frac{9}{4}$fache zu hoch ist; theilen wir dem gemäfs die Thonerde theils den Basen, theils der Kieselsäure zu: so erfüllt ein solcher Ausdruck jene Bedingung ungezwungen.

Ist *a* der Sauerstoff der Basen mit Ausschlufs der Thonerde
*b* der Sauerstoff der Kieselsäure
*c* „ „ „ Thonerde
*x* „ „ „ Thonerde, welche den Basen zugetheilt ist: so ist nach der Voraussetzung

$$2(a + x) = b + c - x$$

mithin

$$x = \frac{b + c - 2a}{3}$$

Berechnen wir nun den Werth von x für die bei Rammelsberg aufgeführten Analysen von thonerdehaltigen Hornblenden: so ergeben sich folgende Verhältnisse:

| | Sauerstoff der Basen | elektropos. Thonerde (x) | Kiesels. | elektronegat. Thonerde |
|---|---|---|---|---|
| 1. Grammatit von *Aker*. Bonsdorff | 12,69 | 1,88 | 24,5 | 4,63 |
| 2. Hornblende aus der *Wetterau*. Ders. | 12,15 | 1,38 | 21,95 | 5,12 |
| 3. Hornbl. von *Lindbo*. Hisinger | 12,32 | 1,80 | 23,58 | 4,65 |
| 4. Hornbl. von *Pargas*. Bonsdorff | 12,86 | 1,24 | 23,74 | 4,45 |
| 5. Hornbl. von *Veltlin*. Kudernatsch | 12,09 | 1,64 | 23,54 | 3,91 |

| | Basen | Sauerstoff der elektropos. Thonerde (x) | Kiesels. | elektro-negat. Thonerde. |
|---|---|---|---|---|
| 6. Hornbl. von *Kongsberg.* Ders. | 12,97 | 1,28 | 25,46 | 3,03 |
| 7. Hornbl. von *Nordmark.* Bonsdorff | 12,63 | 1,20 | 25,37 | 2,29 |
| 8. Uralit v. *Baltymsee.* Kudernatsch | 12,21 | 1,75 | 27,54 | 0,38 |
| 9. Uralit von *Pasto-Grande* in *Chili.* Domeyko *) | 13,27 | 0,99 | 21,76 | 6,77 |
| 10. Hornbl. von *Garpenberg.* Hisinger | 10,90 | 2,68 | 27,80 | negat. |
| 11. Hornbl. von *Stättmyran.* Ders. | 12,92 | 0,78 | 24,73 | 2,67 |
| 12. Hornbl. von *Grönland.* Arfvedson | 12,28 | 0,94 | 21,71 | 4,73 |
| 13. Karinthin aus *Kärnthen.* Clausbruch. | 13,99 | negat. | 23,91 | 3,90 |
| 14. Hornbl. vom *Wolfsberg.* Göschen | 13,70 | 0,39 | 20,91 | 7,26 |
| 15. Diese Hornblende im zersetzten Zustande. Ders. . . . . | 11,43 | 2,23 | 22,86 | 4,46 |
| 16. Hornbl. aus Diorit von *Kaltajuva* im *Ural.* Henry . . | 13,29 | 0,73 | 23,47 | 4,56 |
| 17. Hornbl. aus Diorit von *Corsica.* Delesse **) . . . | 13,06 | 2,59 | 24,86 | 1,26 |

*) n. Jahrb. f. Min. 1849. S. 307.

**) S. Kap. XI.

| | Basen | Sauerstoff der elektropos. Thonerde (x) | Kiesels. | electro-negat. Thonerde |
|---|---|---|---|---|
| 18. Hornbl. von *Zsidovacz.* Kussin . | 12,84 | 1,04 | 23,90 | 3,86 |
| 19. Hornbl. von *Kimito.* Moberg . . . | 11,83 | 1,43 | 22,46 | 4,05 |
| 20. Hornbl. von *Haavi.* Suckow . . . | 12,14 | 2,07 | 23,57 | 4,84 |
| 21. Diese Hornblende im zersetzten Zustande Ders. . . . . | 11,05 | 2,34 | 20,94 | 5,84 |

Mit Ausnahme von 8 und 17 berechnet sich für den Sauerstoff der elektronegativen Thonerde stets eine gröſsere Menge, als für den der elektropositiven Thonerde. Meist beträgt jener das 2 bis 3,7fache von diesem, und nur in 9, 12, 14 und 16 steigt er bis zum 5 bis 18,6fachen. In 8 und 17 beträgt der Sauerstoff der elektropositiven Thonerde mehr, als der der elektronegativen, und in 10 erhält man für diese einen negativen Werth. Dieſs sind die oben schon erwähnten, isolirt dastehenden Analysen, wovon die letztere, wie Rammelsberg bemerkt, wohl nicht mit reinem Materiale angesellt worden ist. Es ist also nur diese Analyse auszuschlieſsen, obgleich bei ihr die Differenz noch innerhalb der Beobachtungsfehler fällt.

Man sieht hieraus, daſs sich die sämmtlichen, bis jetzt analysirten, thonerdehaltigen Hornblenden als Bisilicate betrachten lassen, unter der Voraussetzung, daſs die Thonerde theils ein elektropositiver, theils ein elektronegativer Bestandtheil sei. Jede Masse, deren Zusammensetzung für x einen Werth giebt, welcher kleiner als der Sauerstoff der Thonerde ist und nicht negativ wird, kann daher als eine thonerdehaltige Hornblende betrachtet werden.

Die beiden Analysen 15 und 21 zeigen, wie selbst eine, bis zu einem gewissen Grade zersetzte, thonerdehaltige Horn-

blende noch eine Zusammensetzung bewahrt, welche für x einen solchen Werth giebt. Vergleicht man 15 mit 14, so ergiebt sich, dafs bei dieser Veränderung die elektropositive Thonerde zugenommen, dafs in 14 die elektronegative abgenommen und in 21 zugenommen hat. Beachtet man, dafs bei dieser Veränderung eine theilweise Ausscheidung von Kalkerde und Magnesia und eine höhere Oxydation des Eisens statt gefunden hat: so wird es anschaulich, wie ein Theil der Thonerde, welche früher ein elektronegativer Bestandtheil war, nunmehr an die Stelle jener Basen treten und ein elektropositiver Bestandtheil werden konnte. Sollte die Vermuthung, dafs ein Theil der Thonerde in den Hornblenden mit der Magnesia zu einem Aluminat verbunden sei, gegründet sein: so würde es begreiflich werden, wie mit der theilweisen Ausscheidung der Magnesia die an dieselbe gebundene Thonerde ihren elektronegativen Charakter verlieren, und an die Stelle der ausgeschiedenen Basen treten konnte.

Jedoch wir abstrahiren von diesen theoretischen Betrachtungen, da sie aufser den Grenzen unserer Untersuchungen liegen. Wir haben aus den bisherigen Analysen der thonerdehaltigen Hornblenden die Formel für x entwickelt. Sie hat nur den praktischen Werth, dafs wir mittelst derselben ermitteln können, ob eine gegebene Zusammensetzung eines Minerals einer thonerdehaltigen Hornblende entspricht oder nicht. Sie kann uns aber nicht in den Stand setzen zu beurtheilen, ob die gegebene Hornblende schon Veränderungen erlitten hat, oder ob sie noch ihr ursprüngliches Mischungsverhältnifs bewahrt.

Man mufs die Frage aufwerfen, ob diese Formel nicht auch auf die thonerdehaltigen Augite Anwendung findet? — Wir haben oben (S. 524 ff.) die Gründe für und gegen die Ansicht geprüft, ob die Thonerde in den Augiten als Base oder als Säure zu betrachten sei. Wir entschieden uns für das erstere, weil wir unter dieser Voraussetzung das Sauerstoffverhältnifs der Basen zur Kieselsäure = 2 : 3 fanden, welches eine allgemeine Geltung zu haben scheint. Wir begnügten uns damit, weil wir auch dort nur den praktischen Werth eines allgemeinen Ausdrucks, unter den sich die Mischungsverhältnisse der thonerdehaltigen Augite bringen las-

sen, im Auge hatten. Sahen wir uns aber genöthigt, zu der Hypothese Zuflucht zu nehmen, dafs in den thonerdehaltigen Hornblenden ein Theil der Thonerde als Base ein anderer als Säure auftritt: so müssen wir consequenter Weise diese Hypothese auch für die thonerdehaltigen Augite, welche jenen in der Zusammensetzung so sehr ähnlich sind, zulassen. Berechnen wir nach obiger Gleichung den Werth von x für die S. 522 aufgeführten thonerdehaltigen Augite: so ergeben sich für 1 und 2 (Bruchstück b und c), negative, für alle übrigen aber positive Werthe. Also nur jene drei Augite haben eine Zusammensetzung, auf welche sich die hypothetische Vorstellung von der Zusammensetzung der thonerdehaltigen Hornblenden nicht anwenden läfst; bei den übrigen findet sie jedoch eine Anwendung. Hiernach kann es thonerdehaltige Augite geben, von denen auch die chemische Analyse nachzuweisen vermag, dafs sie solche und nicht thonerdehaltige Hornblenden sind; bei anderen läfst sie es aber unbestimmt. Kann bei diesen die Krystallform oder die Spaltbarkeit nicht entscheiden, so giebt es nur noch das einzige chemische Mittel zur Unterscheidung beider Mineralien, dafs nämlich in den thonerdehaltigen Hornblenden der Kalkerdegehalt meist viel geringer, als der Magnesiagehalt ist, dafs selten beide einander gleich sind, dafs aber in den thonerdehaltigen Augiten der Kalkerdegehalt stets gröfser und meist viel gröfser, als der Magnesiagehalt ist (S. 540).

Es ist interessant und spricht sehr für allmälige Uebergänge der Augitmischung in die Hornblendemischung, dafs die beiden Bruchstücke b und c des Augits vom *Gillenfelder Maar* (S. 522, 525 und 526) für x negative Werthe geben, dafs sie daher keine Hornblendemischung haben, dafs dagegen die beiden Bruchstücke a und d, weil sie für x positive Werthe geben, aus Augit- oder Hornblendesubstanz bestehen können. Da indefs auch in diesen beiden Bruchstücken die Kalkerde in einem viel gröfseren Verhältnisse, als die Magnesia vorhanden ist: so können beide nur aus Augitsubstanz bestehen.

Betrachtet man die Analysen von Kudernatsch etwas näher, so sieht man, wie mit Zunahme der Thonerde und Kieselsäure und mit Abnahme der Kalkerde und Magnesia die

Mischung sich der der Hornblende nähert. Wir haben weniger Grund, jene Zunahme, als vielmehr diese Abnahme zu vermuthen. So wie sich also Kalkerde und Magnesia allmälig aus dem Augit ausscheiden, so nähert sich die Mischung nach und nach der der Hornblende. Die gänzliche Umwandlung des Augits in Hornblende setzt aber aufserdem eine theilweise Verdrängung der Kalkerde durch Magnesia voraus (S. 540).

Aus solchen trefflichen und mit so vieler Sorgfalt angestellten Analysen lassen sich sichere Schlüsse ziehen. Seine beiden ersten Analysen differirten nicht unbedeutend; daher wiederholte Kudernatsch sie noch zweimal und fand, dafs auch dann noch die Resultate weder unter einander, noch mit den früheren übereinstimmten.

Welchen Gewinn würde es einer Mineralogie oder Geologie bringen, welche erkannt hat, dafs lange vorher, ehe das Auge eine Veränderung in den Mineralien wahrnimmt, schon chemische Veränderungen eingetreten sein können, wenn solche Analysen von Bruchstücken desselben Minerals recht oft angestellt würden! — Gewifs würden dann manche Geologen, welchen, wie meinem sehr verehrten Freunde Naumann *) „es bis jetzt noch nicht gelungen ist, den Standpunct zu erringen, der zur Erkennung und Anerkennung jener räthselhaften Transsubstantiationen befähigt" zur Ueberzeugung kommen, dafs Umwandlungen im Mineralreiche zu den realen Dingen gehören. Wir sind der Meinung, dafs deutlich nachweisbare Verschiedenheiten in der Zusammensetzung der Bruchstücke eines Krystalls geeignet sein dürften „den alten Glauben, ein frisch und unzersetzt erscheinender Granit sei noch heut zu Tage dasselbe Gestein, welches es unmittelbar nach seiner Ablagerung und Erstarrung gewesen ist," etwas zu erschüttern.

Wenn die Bruchstücke eines Krystalls eine verschiedene chemische Zusammensetzung haben: so lassen sich nur zwei Ursachen dieser Erscheinung denken: entweder wurde der Krystall an seinen verschiedenen Enden schon ursprünglich von ungleicher Zusammensetzung gebildet, oder er erlitt erst im Laufe der Zeit Veränderungen. Gerade Diejenigen,

*) Lehrb. d. Geognosie Bd. I. S. 570.

welche die krystallinischen Gesteine für plutonische Erzeugnisse halten, werden jene ursprünglich verschiedene Bildung am wenigsten zugeben; sie müssen also Veränderungen im Laufe der Zeit einräumen. Sind hingegen Krystallbildungen im Mineralreiche das Werk langer Zeiträume: so ist denkbar, dafs während derselben, in Folge einer Aenderung des Materials, Krystalle von ungleicher Zusammensetzung entstehen konnten. So wie Krystallindividuen, z. B. Feldspathe, ungleiche Zusammensetzung haben, in dem einen das Kali mehr, in dem andern weniger durch Natron vertreten ist: so konnte sich in demselben Feldspathkrystall, wenn ein langer Zeitraum zu seiner Bildung erforderlich war, eine solche Ungleichheit herausstellen. Fände man aber in einem Feldspathkrystall an verschiedenen Enden ungleiche Sauerstoffverhältnisse zwischen der Kieselsäure und den Basen: so würde eine solche ungleiche Mischung unzweifelhaft erst im Laufe der Zeit eingetreten sein.

In den vier Augitbruchstücken desselben Krystalls (S. 522) findet sich eine solche Verschiedenheit in dem Sauerstoffverhältnisse der Kieselsäure zu den Basen. Diese Verschiedenheit kann also nur die Folge einer im Laufe der Zeit eingetretenen Veränderung sein. Die beiden Bruchstücke von entgegengesetzten Enden jenes Sahlitkrystalls (S. 515 und 517) zeigen sehr nahe gleiches Sauerstoffverhältnifs zwischen der Kieselsäure und den Basen; man könnte daher vermuthen, dafs die Verschiedenheit in der Zusammensetzung eine ursprüngliche sei. Da jedoch in beiden Bruchstücken nicht das normale Sauerstoffverhältnifs der thonerdefreien Augite herrscht: so haben wir mit gutem Grunde geschlossen, dafs sich diese Verschiedenheit erst im Laufe der Zeit herausgestellt habe, indem der Zersetzungsprocefs an den verschiedenen Stellen des Krystalls ungleich von Statten gegangen ist.

Wir haben also wirklich Mittel zur Beurtheilung, ob eine ungleiche Zusammensetzung eines und desselben Krystalls die Folge einer ursprünglichen Ungleichheit in den Mischungsverhältnissen, oder ob sie erst im Laufe der Zeit eingetreten sei. Da die, vielleicht einzigen Analysen verschiedener Bruchstücke eines Krystalls, welche angestellt wurden, solche Verschiedenheiten in der Zusammensetzung nachgewiesen haben: so ist

es sehr wahrscheinlich, dafs man sie auch in andern Krystallen finden würde.

## Vorkommen der Hornblenden.

Porphyrartig eingeschlossen kommen die Hornblendekrystalle viel häufiger als in Drusen vor (Breithaupt). Man glaubte es als eine wesentliche Verschiedenheit zwischen dem Vorkommen der Hornblende und des Augits erkannt zu haben, dafs sich jene in Gesteinen findet, welche Quarz oder freie Kieselsäure enthalten, während dieser nie in solchen Gesteinen angetroffen wird. Im Allgemeinen ist diefs auch der Fall. Es findet sich aber auch in den augitischen Labradorgesteinen bisweilen Quarz (S. 651) und ist dieser auch nicht immer mineralogisch nachzuweisen: so lassen doch die chemischen Analysen mancher dieser, Zersetzungsprocessen unterlegenen Gesteine auf freie Kieselsäure schliefsen.

Für characteristisch hielt man auch, dafs Hornblende und Augit höchst selten zusammen in Gebirgsgesteinen vorkommen. Abgesehen davon, dafs es manchmal zweifelhaft bleibt, ob nicht in manchen Melaphyren die Grundmasse aus Hornblende besteht, hat man in einem, von Bimssteintuff überlagerten, ausgezeichneten porphyrartigen Basalt, der sich zwischen *Schöneberg* und *Härtlingen* auf dem *Westerwalde* ½ Meile weit fortzieht, Hornblende- und Augitkrystalle neben einander in grofser Zahl gefunden. Die Menge dieser eingewachsenen Krystalle ist gleich grofs; sie sind ganz scharf von einander geschieden, und niemals beobachtete F. Sandberger *) eine Erscheinung, wie sie an den Uraliten stattfindet. Bei allmäliger Zersetzung dieses Basalts, welche von der Bildung von Zeolithen, namentlich von Chabasit, begleitet ist, lockert sich die Masse so auf, dafs die Krystalle unversehrt heraus genommen werden können. Naumann **) bemerkt, dafs das Zusammenvorkommen von Augit- und Hornblendekrystal-

*) Poggendorff's Ann. Bd. LXXVI. S. 111. Vor dem Erscheinen dieses Aufsatzes hatte mir schon Grandjean Stufen von diesem Gesteine gefälligst mitgetheilt.

**) Lehrb. d. Geogn. Bd. I. S. 651.

len in einem und demselben Basalte keineswegs zu den sehr seltenen Erscheinungen gehört. In *Böhmen*, bei *Kostenblatt* und *Schima*, in *Sachsen*, im *Heilenberge* und *Gickelsberge*, so wie in andern Gegenden, sind diese Basalte ziemlich verbreitet. Im Basalt von *Meronitz* im *Böhmischen Mittelgebirge* fand ich Hornblende mit Augit und Glimmer. Wo die Hornblende von Augit begleitet wird, ist dieser, nach Breithaupt, von älterer Bildung *).

Ein grofser Theil der Grünsteine des *Urals* enthält neben Hornblende gleichfalls Augitkrystalle porphyrartig eingeschlossen **).

Da die Zahl der Combinationen, in denen die Gemengtheile der krystallinischen Gesteine mit einander vorkommen, überaus grofs ist: so hält es sehr schwer, bestimmte Combinationen festzustellen. Jedoch ercheint es als allgemeine Regel, dafs der Augit der Begleiter eines Feldspaths ist, des Labradors, den wir in vulkanischen Producten finden. Die Hornblende begleitet aber nicht blofs diesen, sondern auch den Orthoklas, Albit und Oligoklas: Feldspathe, welche auf nassem Wege entstehen können, und wahrscheinlich nur auf diesem Wege entstanden sind.

Die am häufigsten vorkommenden Hornblendearten, Grammatit, Strahlstein, gemeine und basaltische Hornblende, haben mit einander gemein, dafs sie sich, und zwar der Grammatit vorzugsweise, in körnigem Kalk (Bd. I. S. 520) und Dolomit ***), so wie auf Erzlagerstätten mit Magneteisen (S. 459 ff.) Eisenglanz, Kupferkies, Eisenkies, Bleiglanz u. s. w. finden. Der Strahlstein erscheint sogar zuweilen im innigen Gemenge mit diesen Erzen und erlangt dadurch metallischen Glanz. In

*) Auch G. Rose in Poggend. Ann. Bd. XXII. S. 336.

**) G. Rose a. a. O. Bd. XXII. S. 329.

***) Häufig und recht ausgezeichnet ist das Vorkommen der Hornblende-Arten im Kalkstein in den *Vereinigten Staaten*. Es finden sich 10 Zoll grosse Krystalle darin. Jahrb. f. Mineral. u. s. w. 1849. S. 821. Nachträglich zu S. 529 ff. bemerken wir, dafs in diesem Lande auch der Augit sehr häufig im Kalksteine vorkommt. Zu *Twoponds* finden sich Augitkrystalle von 6 Zoll Länge und 10 Zoll Breite darin.

einem Kalksteinlager bei *Grünstädtel* in *Sachsen* finden sich Trümmchen und schmale Gänge von ausgezeichnet breitstrahligem Strahlstein, mit Chlorit (Serpentin?), Blende, Kupferkies, Malachit u. s. w. *). Auch dem Grammatit sind zuweilen fremde Fossilien, z. B. Kupferlasur beigemengt, welche ihm zufällige Farben ertheilen. Jene Hornblendearten und der Antophyllit bilden auch mit Augitarten, mit Glimmer, Chlorit Talk, Granat, Epidot u. s. w. Lager im krystallinischen Schiefergebirge.

Die gemeine Hornblende hat unter den Hornblendearten die gröfste geologische Bedeutung, da sie für sich das körnige Hornblendegestein bildet, als wesentlicher Gemengtheil den Syenit und Diorit zusammensetzt, und sich aufserdem als zufälliger Gemengtheil in sowohl massigen, als auch schiefrigen Gesteinen, namentlich im Granit, Hyperit, Gabbro, in gewissen Porphyren, im Gneifse, Glimmerschiefer und Chloritschiefer findet. Die basaltische Hornblende hat eine geringere Verbreitung. Zuweilen kommt sie im Basalt, Trachyt und in damit verwandten Gesteinen vor, ohne jedoch zu den wesentlichen Gemengtheilen derselben zu gehören. Der Grammatit und der Strahlstein machen keine wesentlichen Gemengtheile von Gebirgsarten aus. Jener findet sich besonders auf untergeordneten Lagern, selten auf Gängen; dieser zeigt sich hier und da in verschiedenen krystallinischen Gesteinen als zufälliger Gemengtheil, wie im Gabbro, Serpentin u. s. w. Vorzüglich bildet der Strahlstein theils für sich, theils im Gemenge mit Hornblende, Glimmer, Chlorit, Granat u. s. w. untergeordnete Lager im Gneifse, Glimmer-, Chlorit-, Talk- und Hornblendeschiefer. Auch er erscheint selten auf Gängen. Der Byssolith findet sich aber auf Gangklüften und in Drusenräumen in krystallinischen Gebirgsmassen, besonders mit Bergkrystall, Adular, Thalit, in mehreren Theilen der Alpenkette **). Der Antophyllit ist nicht sehr verbreitet. Hier und da findet er sich im Glimmerschiefer. Auch im Granit, Diorit, Gabbro, Serpentin und Basalt hat man ihn angetroffen.

Von der Umwandlung des Augits in Hornblende und

*) Freiesleben geognost. Arb. Bd. VI. S. 35.

**) Hausmann a. u. a. O. S. 508.

Magneteisen in den Eisenstein-Lagern von *Arendal* war schon oben (S. 568 ff.) die Rede. In der *Solberggrube* zieht sich das Magneteisen in mannigfach gestalteten Adern und Verzweigungen durch das aus Hornblende-Massen bestehende Nebengestein. In der *Alvelandsgrube* und in den *Buöegruben* wird es von sehr bedeutenden Hornblendemassen begleitet *).

An verschiedenen Orten in der Nähe der Stadt *Flekkefjord* in *Norwegen* sind es Hornblende-Streifen, welche aus dem massigen Gneifse einen geschichteten machen. Diese Streifen sind zuweilen aufserordentlich dünn, kaum dicker als Papier, zuweilen aber auch mehrere Zolle mächtig. In diesem Falle bilden sie einen vollkommenen Hornblendeschiefer, der lagenweise mit einem Gemenge aus Feldspath und Quarz wechselt. Die Hornblende-Lamellen mögen in senkrechtem oder söhligem Parallelismus liegen, ein senkrecht, söhlig, verworren oder nicht geschichteter Gneifs kann, bemerkt Scheerer ganz richtig, gewifs keinen verschiedenen Ursprung haben **). Ist daher, fügen wir hinzu, in einem Falle die Bildung der Hornblende durch einen Umwandlungsprocefs auf nassem Wege erwiesen: so ist damit dieser Beweis für andere Fälle geführt. Wer kann aber bei papierdicken Hornblende-Streifen an eine plutonische Bildung oder Metamorphose denken! —

In metamorphischen Gesteinen in der Stadt *Kragerö* finden sich gröfsere und kleinere Höhlenräume, deren Wände mit Hornblendekrystallen bedeckt sind. Sie erscheinen stalaktitenförmig mit einer Rinde von abgerundetem Aeufsern überzogen, die ein Aggregat von fleischrothem, krystallinischem Albit oder von sehr kleinen zugespitzten Albitkrystallen bilden. In einigen dieser stalaktitischen Albit-Bildungen sind die Hornblendekrystalle ganz verschwunden und hohle Räume entstanden, welche in anderen mit einem dunkel fleischrothen Albit ausgefüllt sind. Weibye, dem wir diese Mittheilung verdanken ***), hält diese Albite mit Recht für Absätze aus Gewäs-

*) Scheerer in n. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1843. S. 654. 660.

**) Ebendas. S. 667 ff.

***) n. Jahrb. f. Min. u. s. w. Jahrg. 1849. S. 776.

sern, und gewifs sind es solche auch die Hornblendekrystalle, welche von denselben Gewässern wieder fortgeführt worden sind.

Im Mineralien-Cabinet zu *Berlin* sah ich einen Granatkrystall, von dem fast nur noch die Rinde übrig ist. Im Innern ist eine Druse von schwarzer Hornblende, die sie aber nur zu einem sehr kleinen Theile erfüllt. (Vergl. S. 462).

Amianth und Asbest, diese Umwandlungsproducte des Augits und der Hornblende (S. 546 ff.) kommen theils auf Gängen und Gangtrümmern, theils auf Lagern im Serpentin, Gabbro, Hyperit, und in einigen anderen krystallinischen Gebirgsarten vor. Der Asbest bildet entweder Gänge und Gangtrümmer für sich, vorzüglich im Serpentin, der zuweilen ganz davon durchschwärmt ist, oder er findet sich in Begleitung von Quarz, Katzenauge, Axinit, Thalit, Strahlstein, zuweilen auch von Erzen. Mit Hornblende-Mineralien, auch mit Chlorit, Talk, Kalk- und Bitterspath u. s. w. kommt er auf Lagern im Gneifse, im Glimmer-, Chlorit- und Hornblendeschiefer vor, und manchmal findet er sich auch in Lagern von Magneteisen, Eisenglanz, Kupferkies, Eisenkies und andern Erzen.

Das Vorkommen der Hornblende in Laven scheint für die Bildung derselben auf feuerflüssigem Wege zu sprechen. Es wurde indefs schon früher bemerkt (S. 544 ff.), dafs diese Hornblende wahrscheinlich ein Umwandlungsproduct augitischer Grundmasse ist. Seitdem habe ich im Berliner Mineralien-Cabinet solche Lava vom *Vesuv* mit Hornblendekrystallen, welche sich wie Fäden von einem Ende des Blasenraums zum andern ziehen, gesehen. Die dort angeführten Gründe gegen die plutonische Bildung dieser Hornblendekrystalle haben sich dadurch nur um so mehr befestigt. Wie ist es denkbar, dafs sich nach der Bildung des Drusenraums ein solcher Hornblendefaden quer durch denselben als geschmolzene Masse hätte ziehen können? — Wenn sich Hornblende aus der flüssigen Lava ausgeschieden hätte, so wäre zu erwarten, sie in der Grundmasse selbst zu finden; diefs ist aber nie der Fall *). Ihr Vorkommen in den Laven des *Vesuv's*

---

*) G. Rose's Reise nach dem Ural. Bd. II. S. 365. und v. Buch in Poggend. Annal. Bd. X. S. 16.

scheint überhaupt ein sehr seltenes zu sein. Monticelli und Covelli *), welche die Laven und übrigen vulkanischen Producte von den Eruptionen von 1821, 1822 und 1823 so aufmerksam untersucht haben, führen wenigstens Hornblende nicht als einen Gemengtheil derselben an. In den Laven des *Aetna*, aber nur in denen aus früheren Zeiten, findet sich die Hornblende häufiger. Man kann sie in schönen Krystallen aus zersetzten Gesteinen an Kraterrändern sammeln **). Dieses Vorkommen in alten Laven und in zersetzten Gesteinen spricht gleichfalls für eine spätere Bildung, mithin auf nassem Wege.

In den vulkanischen Producten des *Laacher-See's* und dessen Umgebungen findet sich auch Hornblende in nicht krystallinischen Massen: so in den Auswürflingen mit Magneteisen, Ryakolith und Titanit, in Lava, in ausgeworfenen Hornblendeschiefern und Syeniten, endlich auch in Krystallnadeln und ausgebildeten Krystallen. Von diesem Vorkommen gilt aber dasselbe, was von dem in alten Laven des *Vesuv's* u. s. w. bemerkt worden.

Nach diesem allen möchte keine einzige Thatsache aufzuweisen sein, welche entschieden für die Bildung der Hornblende auf feuerflüssigem Wege spräche.

Was die oben (S. 543) bemerkte Umwandlung der Hornblende in Augit durch Schmelzen und langsames Abkühlen betrifft, so bemerkt Hausmann ***) ganz richtig, dafs noch auszumitteln sei, ob hierbei eine Zersetzung der Masse erfolge, oder ob eine Hornblendemischung unter gewissen Umständen eine Augitform annehmen könne.

## Umwandlung der Hornblenden.

Wenn die Umwandlungen der Hornblende auch nicht so mannichfaltig wie bei den Augiten sind: so finden sich

*) Der *Vesuv* u. s. w.

**) v. Buch a. a. O. S. 13. Derselbe bemerkt, dafs von Augit in diesen Laven nie etwas erwähnt wird, und dafs man ihn auch nicht in Sammlungen findet.

***) Handb. d. Mineral. zweite Ausg. S. 506.

doch mehrere correspondirende, wie in Asbest, Serpentin und Speckstein u. s. w. Hat man auch eigentliche Pseudomorphosen von Chlorit nach Augit, wie solche nach Hornblende, noch nicht gefunden: so zeigt doch der eisenhaltige Chlorit in Melaphyren (S. 653) eine solche Umwandlung, wobei freilich zu berücksichtigen ist, dafs es dort eine hornblendische Grundmasse sein könnte (S. 644), welche diese Umwandlung erlitten hätte. Bei der grofsen Aehnlichkeit in der Zusammensetzung der Hornblende und des Augits wird die Richtung, welche beide Mineralien in correspondirenden Fällen nehmen, dieselbe sein. Während eine Umwandlung des Augits in Hornblende unzweifelhaft ist (S. 532 ff. 568 ff.), hat sich der umgekehrte Fall, eine Umwandlung der Hornblende in Augit, noch nicht dargeboten. Was die anderweitigen Umwandlungen in Hornblende betrifft, so war davon S. 538, 545, 606 und 613 die Rede *).

## Chlorit nach Hornblende.

Am *Greiner* in *Tyrol*, wo zwischen Hornblendegestein und Gneifs Glimmerschiefer vorkommt, der aufser Hornblende und Granat auch Chlorit theils in einzelnen Blättchen, theils in Platten, ein bis mehrere Zoll dick, umschliefst, beobachtete Reufs **) die Umwandlung der Hornblende in Chlorit. Die gröfseren Krystalle der Hornblende, die, bei einer Länge von oft mehr als 2 Zoll, verhältnifsmäfsig nicht sehr dick sind

*) Auch der sogenannte Smaragdit aus *Corsica* ist nach G. Rose (Poggend. Ann. Bd. XXXI. S. 610) nichts anderes als Uralit. In Beziehung auf die S. 601 bemerkte Umwandlung des Skapoliths in Diopsid hatte mein Freund G. Rose die Güte, eine nähere Untersuchung vorzunehmen. Er fand, dafs die grüne Hülle des Skapoliths da, wo sie irgend etwas dick und deutlich ist, aus einer blafsgrünen Hornblende besteht. Ob nicht manche dünnere Hüllen aus Augit bestehen, läfst er jetzt noch dahin gestellt. Es ist ganz richtig, bemerkt er, dafs einige kleine Augitkrystalle zuweilen auf Skapolith sitzen; aber mit Entschiedenheit kann man hiernach noch nicht annehmen, dafs Augit als Pseudomorphose nach einem anderen Mineral erscheinen könne.

**) n. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1840. S. 136.

und fast senkrecht auf den Absonderungsflächen stehen, sind stets mit einer Rinde von Chlorit umgeben, dessen Blättchen senkrecht gegen die Prismenflächen der Hornblende gerichtet sind. Diese, gewöhnlich nur ½ bis 1''' dicke Rinde nimmt zuweilen so zu, dafs der Chlorit den gröfsten Theil des Krystalls zusammensetzt, und nur in der Mitte ein kleiner Kern von Hornblende zu sehen ist; ja, man findet Krystalle, wo der Chlorit die Hornblende ganz verdrängt hat. Dann erscheinen auf den Absonderungsflächen des Schiefers regelmäfsige Sechsecke von Chlorit.

So lange nicht die Chloritrinde und der Hornblendekern analysirt werden, ist der Umwandlungsprocefs nicht deutlich zu erknnen. Vergleicht man indefs die Analysen der Hornblenden und der Chlorite im Allgemeinen: so ergiebt sich, dafs bei dieser Umwandlung stets ein Theil der Kieselsäure und alle Kalkerde ausgeschieden werden. In den Hornblenden beträgt die Magnesia meist mehr als die Thonerde, und diefs ist auch bei den Chloriten der Fall. Es kann also sein, dafs sich das Verhältnifs beider Erden bei der Umwandlung nicht ändert. In den Ripidolithen sind hingegen beide Erden nahe in gleicher Menge vorhanden.

## Serpentin nach Hornblende.

Breithaupt *) beschreibt ein Fossil von der Grube *Engelsburg* bei *Presnitz* in *Böhmen*, an welchem man den allmäligen Uebergang des glasigen Strahlsteins aus dem frischesten und harten Zustande in dichten, edlen Serpentin, zum Theil noch mit beibehaltenen Spaltungsumrissen, endlich auch bis zum Verschwinden derselben sieht. Auch Stufen von *East* in *Nordamerica* zeigten ähnliche Umwandlungen. Serpentinkrystalle, welche Freiesleben **) beschrieb, scheinen auch in diese Kategorie zu gehören.

Wenden wir, sagt Breithaupt, diese Erfahrungen auf das Vorkommen des Serpentins im Grofsen an: so ist es denkbar, dafs manche Serpentinlager vielleicht nichts anderes

*) n. Jahrb. d. Chem. u. Phys. Bd. LXIII. S. 282.

**) Mag. f. d. Oryktogr. von Sachsen H. VI. S. 22.

als Hornblende- oder Dioritlager waren. Es dürfte nicht so schwierig sein, einen Uebergang aus diesen in jene nachzuweisen. Manche Dioritlager, wie z. B. im *sächsischen Voigtlande*, erlangen Fettigkeit, ihre Masse ist minder hart und schwer und nähert sich im Allgemeinen dem Serpentin.

Wir können ihm nur vollkommen beipflichten, und die von ihm aufgeworfene Frage: „assimilirten sich atmosphärische Feuchtigkeiten mit dem Gesteine?“ zeigt, dafs er der richtigen Erklärung sehr nahe war.

Es ist die Analyse einer Hornblende und eines damit verwachsenen Serpentins zu wünschen, um den Umwandlungsprocefs klar einsehen zu können. So viel stellt sich bei Vergleichung der Zusammensetzung der Hornblende und des Serpentins heraus, dafs bei dieser Umwandlung viele Kieselsäure ausgeschieden werden mufs.

## Speckstein nach Hornblende.

An der Hornblendeart, Pargasit, welche im körnigen Kalk bei *Pargas* in *Finnland* vorkommt, beobachtete Blum *) eine Umwandlung in Speckstein, welche im Innern beginnt und nach aufsen fortschreitet. Mehrere undeutliche durchbrochene Krystalle zeigten sich bis auf die Rinde umgewandelt. Die grüne Farbe des Pargasits wird zuerst etwas gelblich, Glanz und Härte nehmen ab, der Mittelpunct erscheint als weicher, graulichgelber, etwas fettglänzender Speckstein. Von hier aus nimmt die Härte nach den Seiten hin zu; die feine, dichte Rinde des unveränderten Minerals zeigt aber noch die ursprüngliche Härte. Diese Rinde ist manchmal so dünn, dafs sie gleichsam wie ein Schmelz über der innern umgewandelten Substanz liegt.

Auch an einer andern Varietät der Hornblende, am Grammatit, nahm Blum **) diese Umwandlung wahr. Bei den in Speckstein umgewandelten krystallinischen Massen zeigt sich meist noch Theilbarkeit nach den Seitenflächen der Kli-

*) Die Pseudomorphosen S. 18.

**) Nachtrag u. s. w. S. 15.

norhombensäule der Hornblende, an manchen Stellen so deutlich, dafs man den Winkel ziemlich genau messen kann. Es ist auffallend, dafs sich, trotz der Umwandlung, die Theilbarkeit der ursprünglichen Substanz so vollkommen erhalten hat, dafs die Spaltungsflächen eben, glatt und stark glänzend erscheinen.

Nach Beck *) kommt auch zu *Warwick* in *New-York* Speckstein nach Hornblende vor. Auch hier sind Form und Theilbarkeit noch deutlich zu erkennen. Die Analyse von zwei Varietäten, die letztere in langen Säulen, gab:

| | | |
|---|---|---|
| Kieselsäure . . . | 35,00 | 34,66 |
| Thonerde . . . | 32,33 | 25,33 |
| Kalkerde . . . | 10,80 | 5,09 |
| Magnesia . . . | 20,70 | 25,22 |
| Wasser . . . . | — | 9,09 |
| | 98,83 | 99,39 |

Blum bemerkt ganz richtig, dafs diese Resultate von der Mischung des Specksteins sehr stark abweichen, und dafs namentlich der grofse Thonerdegehalt sehr auffallend ist. Derselbe liefse sich nur dadurch erklären, dafs eine bedeutende Menge Kieselsäure aus der Mischung der Hornblende getreten sei. So lange nicht eine unveränderte Hornblende aus der Nähe jener Zersetzungsproducte analysirt wird, läfst sich nicht mit Sicherheit auf den Gang der Zersetzung schliefsen.

## Jaspis nach Hornblende.

Maier **) beschreibt im Basalte des *Wolfsberges* bei *Cernossin* in *Böhmen* eingeschlossene Krystalle und Trümmer von Krystallen basaltischer Hornblende, welche manchmal in rothen Jaspis umgewandelt erscheinen. Ob hierbei alle Basen fortgeführt wurden, und die Kieselsäure zurückblieb, oder ob neue Kieselsäure hinzutrat, ist aus der Beschreibung nicht zu erschliefsen.

*) Siliman Americ. Journ. XLVI. p. 35.

**) Blum die Pseudomorphosen S. 58.

Auch Körner von gelbem Jaspis findet man im Basalte eingeschlossen, die, nach einigen unveränderten Stellen zu schliefsen, Metamorphosen des Augits sind.

Göschen analysirte einen frischen Hornblendekrystall (I) und Madrell einen zersetzten vom *Wolfsberge* (II). Die Aufsenseite des letzteren ist theils matt und grau, theils glänzend und rothbraun; das Innere zeigt keine Spur von den Spaltungsflächen der frischen Hornblende, aber gleichsam ein porphyrartiges Ansehen, indem hellgelbe und braune Parthien wechseln.

| | I. | II. |
|---|---|---|
| Kieselsäure . . . | 40,27 | 44,03 |
| Thonerde . . . | 16,36 | 14,31 |
| Eisenoxyd . . . | 15,34 | 25,55 |
| Kalkerde . . . | 13,80 | 10,08 |
| Magnesia . . . | 13,38 | 2,33 |
| Wasser . . . . | 0,46 | 3,44 |
| | 99,61 | 99,74 |

Bei dieser Umwandlung ist etwas Kalkerde und der gröfste Theil der Magnesia verschwunden; dagegen hat das Eisenoxydul bedeutend zugenommen und sich in Oxydhydrat umgewandelt. Fast scheint es, als wenn die Magnesia durch Eisenoxydul verdrängt worden wäre.

Diese Pseudomorphose ist daher verschieden von der obigen von Maier beschriebenen, wenn gleich in ihr eine, wahrscheinlich relative Zunahme der Kieselsäure sich zeigt.

## Umwandlung der Hornblende in Asbest.

Davon war schon oben beim Augit (S. 546 ff.) die Rede. Die bei *Kragerö* vorkommende Umwandlung der Hornblende in Asbest (S. 549) ist von Weibye *) seitdem noch viel deutlicher wahrgenommen worden. Die Blätterdurchgänge der Hornblende erscheinen nämlich zwischen bestimmten Grenzen nach und nach auf den Aufsenflächen der Krystalle, oder

*) n. Jahrb. 1849. S. 777.

die Krystalle theilen sich, so zu sagen, in dünne Lamellen, die nach und nach dünner werden, bis sie sich zuletzt als seidenglänzende, biegsame Fasern eines grünlichgrauen Asbestes darstellen, während die Krystallflächen der ursprünglichen Hornblende noch erhalten sind, wo keine mechanische Störung eingetreten ist.

Eine bessere Gelegenheit, das Chemische dieser Umwandlung durch eine Analyse der ursprünglichen und der veränderten Hornblende zu ermitteln, dürfte sich kaum anderswo darbieten. Es ist daher zu wünschen, dafs diese Gelegenheit benutzt werde.

## Umwandlung der Hornblende in Glimmer.

Wenn sich Augit in Glimmer umwandeln kann (S. 561), so mufs man eine solche Umwandlung auch von der Hornblende erwarten, da beide Mineralien in ihrer Zusammensetzung sich so ähnlich sind. Gleichwohl hat man eigentliche Pseudomorphosen des Glimmers nach Hornblende noch nicht gefunden. Nach Weibye *) finden sich indefs in einer kleinen Ausscheidung von blättriger Hornblende, auf der Grenze zwischen einer grofsen Niere von rothem edlen Granat und Gneifs, bei *Tvedestrand*, einzelne eingewachsene Hornblendekrystalle von dünnen, schwarzen Glimmerblättchen, die den Theilungsflächen parallel liegen, durchwachsen. Folgende Erscheinungen habe ich an Hornblendearten im Königl. Mineralien-Cabinet zu *Berlin* wahrgenommen.

Die grüne Farbe der Pargasite geht in das Bräunliche über, die Härte nimmt ab, tombackbraune Glimmerblättchen treten auf, und zum Theil erscheinen die Pargasite ganz in Glimmer umgewandelt. Solche umgewandelte Individuen zeigen noch das ursprüngliche geschmolzene Ansehen. Auf den Kanten der umgewandelten Pargasite erscheint der Glimmer nicht deutlich; denn er ist bräunlich gefärbt. Mit der Spitze des Federmessers kann man aber die Glimmerblättchen spalten. Mitten in den braunen Pargasitparthien mit Glimmerblättchen findet man noch einen unveränderten grünen Pargasitkern, und

*) Karsten's und Dechen's Archiv Bd. XXII. S. 503.

man kann hier die Uebergänge unmittelbar beobachten. Spaltet man den Glimmer fortwährend mit dem Messer, so kommt man an Stellen, wo es knirscht und die Spaltbarkeit aufhört. Es ist dann der in das Bräunliche umgewandelte Pargasit. Noch weiter fort erscheint der grüne unveränderte Pargasit. Aber auch in durchbrochenen grünen Pargasitkrystallen finden sich zahlreiche kleine Glimmerblättchen.

Die gemeine Hornblende in undeutlichen, langen, schilfartigen Krystallen mit kleinen Zirkonkrystallen, von *Miask*, zeigt deutlich eine Umwandlung in Glimmer. Die lauchgrünen 3″—4″ langen Hornblendekrystalle sind in der Mitte zerfressen, braun gefleckt durch Eisenoxydhydrat, und in diesen zerfressenen Stellen liegen die Glimmerblätter nach allen Richtungen, manchmal jedoch in der Richtung des blättrigen Bruchs. Wo die Zersetzungen am stärksten sind, liegen sie nach allen Richtungen; wo sie sich einzeln auf Bruchflächen finden, spiegelt die Glimmerfläche zugleich mit der Bruchfläche der Hornblendekrystalle. Mitten in denselben sind kleine Parthien mit Glimmerblättchen; nie aber finden sie sich auf unveränderten Krystallflächen. An einer Stelle zeigt sich eine Art Drusenbildung. Der Glimmer ist in einem Raume, einer dreiseitigen Pyramide ähnlich, von Hornblende umgeben, und nur an ihrer Basis kommt er zum Vorschein. Mehr oder weniger zersetzte Hornblendekrystalle von *Gouverneur* in *New-York* sind theils auf den Bruchflächen, theils auf der Oberfläche von unzähligen, zum Theil mikroskopisch kleinen goldgelben Glimmerblättchen bedeckt. Auch eine Hornblende von *New-Jersey* zeigt im Querbruche Glimmerblättchen und Kalkspath.

Basaltische Hornblende von *Bodenmais*, sehr frisch und ohne ocherbraune, eine bedeutende Zersetzung andeutende Streifen, ist gleichwohl auf den Bruchflächen an vielen Stellen, hier und da reihenweise, mit ganz dünnen Glimmerblättchen überzogen. Der Procefs der Umwandlung scheint hier im Beginnen gewesen zu sein. Eine andere Hornblende von demselben Fundorte ist mit unzähligen Glimmerblättchen bedeckt. Auf mehreren Bruchstücken basaltischer Hornblende zeigen sich in zerfressenen Stellen und in Höhlungen kleine Glimmerblättchen, und in deren Nähe ochergelbe Flecken. Mitten auf der Bruchfläche eines grofsen Hornblendekrystalls in einem

Hornblendegesteine fand ich ein Glimmerblättchen. Eine äufsere Fläche eines andern Krystalls schien mit vielen Glimmerblättchen überzogen zu sein. Auf grofsen Hornblendekrystallen im Basalt von *Mittelsehlau* bei *Reichenbach* und von *Waltersdorf* in *Sachsen* zeigte sich ein Anflug von Glimmer.

In einer Hornblende von *Arendal* zeigten sich Uebergänge in Talk oder Chlorit oder Glimmer. Ohne genauere Untersuchung läfst sich hierüber nicht entscheiden. Der Glanz ist sehr glimmerartig.

In einer grofsen Zahl vorliegender Trachytstufen vom *Stenzelberge* im *Siebengebirge*, welche gröfsere und kleinere Parthien von Hornblende enthalten, fand ich nur einige, wo auf dem blättrigen Bruche der Hornblende mikroskopisch kleine goldgelbe, bisweilen auch tombackbraune Glimmerblättchen und Pünctchen wahrzunehmen waren. Manchmal sind diese Pünctchen in grofser Zahl neben einander zerstreut vorhanden. Auch hier erscheinen sie nur an veränderten Stellen, nicht auf glänzenden Bruchstücken, und nicht auf der trachytischen Masse selbst. Wohl aber spiegeln manche Bruchflächen mit hellgoldgelber Farbe, so dafs man vermuthen möchte, die Glimmerbildung sei hier im Entstehen gewesen. Vielleicht dafs das Spiegeln mancher Bruchflächen mit Regenbogenfarben eine noch frühere Periode dieser Umwandlung anzeigt.

Da die Glimmerblättchen auf den bezeichneten Hornblenden stets auf veränderten oder zerfressenen Stellen und in Höhlungen vorkommen: so kann man nur an eine secundäre Bildung des Glimmers denken; denn man kann nicht annehmen, dafs sich Hornblendekrystalle mit zerfressenen Stellen gebildet, und dafs sich nur auf diesen Glimmerblättchen abgesetzt hätten. Wäre der Glimmer eine gleichzeitige Bildung mit der Hornblende: so würde nicht einzusehen sein, warum er sich nicht auch auf den unveränderten Bruchflächen abgelagert hätte.

Ganz dieselben Erscheinungen habe ich an unzähligen Augitkrystallen, namentlich an solchen, welche seit undenklichen Zeiten im *Laacher-See* gelegen haben, wahrgenommen.

Wahrscheinlich ist der Glimmer, welcher die Hornblende des Diorits von *Corsica* (s. unten) innigst durchdringt, und sie immer begleitet, gleichfalls eine umgewandelte Hornblende. Er

ist, wie diese, grün, und defshalb etwas schwierig von ihr zu unterscheiden; durch Einwirkung der Luft, und besonders durch Calcination, wird er tombackfarben. Diese, anfangs grüne und ohne Zweifel durch höhere Oxydation des Eisens sich verändernde Farbe scheint ganz besonders für jene Umwandlung zu sprechen; denn mein Freund Blum machte mich aufmerksam, dafs der pseudomorphe Glimmer in der Regel die Farbe des Minerals hat, aus welchem er entstanden ist. Wir sehen indefs, wie sich seine Farbe mit der Zeit verändern kann.

T. H. Fergus *) theilt über die Entstehung des Glimmers aus Hornblende Folgendes mit. An den Grünsteinfelsen bei *Boston* ist die seit langer Zeit der Witterung ausgesetzt gewesene Oberfläche mit Glimmerschüppchen bedeckt, während das Innere keinen Glimmer, sondern nur Hornblende enthält. Mehrere Hornblenden von der Oberfläche oder von dem Innern des Grünsteins oder einer anderen, dieses Mineral enthaltenden Felsart zeigten in der innern Löthrohrflamme das gewöhnliche Verhalten; der Witterung ausgesetzt gewesene Hornblendetheilchen nahmen aber in der äufsern Flamme eine lichtere Farbe an, und nach dem Erkalten genügte der leichteste Stofs, sie in goldfarbige Schuppen zu trennen, welche alle Merkmale des Glimmers zeigten.

Die Beantwortung der Frage, woher stammt das Kali, welches jene Hornblende aufnehmen mufste, um sich in Glimmer umzuwandeln, liegt sehr nahe. Von welcher Zusammensetzung auch der genannte Grünstein sein mag, irgend einer oder wahrscheinlich zwei Feldspathspecies sind in demselben gewifs vorhanden. Wo aber das Gestein den Atmosphärilien ausgesetzt ist, da zersetzt sich dieser oder jener Feldspath; das ausgeschiedene, vom atmosphärischen Wasser aufgenommene und der Hornblende zugeführte Kali zersetzt das Kalksilicat in derselben; denn eine solche Zersetzung und die Ausscheidung der Kalkerde, ohne Zweifel als Carbonat, ist eine nothwendige Bedingung zur Umwandlung der Hornblende in Glimmer.

---

*) Sillim. Journ. 1848. T. VI. P. 425 und n. Jahrb. f. Mineral. u. s. w. Jahrg. 1850. S. 61.

Diefs ist in den von Weibye *) beschriebenen Hornblendekrystallen, deren Inneres theils mit Kalkspath, theils mit Glimmer ausgefüllt ist, sehr überzeugend wahrzunehmen. Gewifs ganz auf dieselbe Weise sind die kleinen Glimmerparthien in jenem Trachyt entstanden: der glasige Feldspath oder der Albit haben das Kali für den Glimmer geliefert. Aber selbst dann, wenn eine Hornblende entfernt vom Feldspath vorkommen sollte, würde immer noch ihre Umwandlung in Glimmer möglich sein, da jede scharfe Analyse in den meisten Quellwassern wenigstens Spuren von Kalisalzen nachweist. Erst kürzlich habe ich mich davon bei der Untersuchung eines Quellwassers, welches aus dem tertiären Gebirge kommt, wiederholt überzeugt.

Es kann nicht fehlen, diejenigen Mineralogen und Geologen, welche mit den Begriffen des Verwachsenseins und Eingewachsenseins nicht blofs die Bezeichnung einer Erscheinung, sondern auch eine genetische Erklärung verknüpfen, werden uns damit abzufertigen trachten, dafs wir eingewachsene Mineralien mit pseudomorphen verwechseln. Darin stimmen gewifs Geologen von allen Farben überein, dafs die Bildung der Krystalle im Mineralreiche, mag sie auf diesem oder jenem Wege erfolgt sein, aufserordentlich langsam von Statten gegangen ist. In den chemischen Laboratorien benutzt man die Krystallbildung als ein kräftiges Scheidungsmittel verschiedener, in einer Flüssigkeit aufgelöster Substanzen; denn man weifs, dafs Krystalle nichts Ungleichartiges, nur etwas von der Mutterlauge einschliefsen, und auch dieses scheidet man wieder durch Krystallisation ab. Was wir von dem Genetischen in der Krystallbildung wissen, haben wir in den chemischen Laboratorien gelernt. Nur dieses kann uns leiten, wenn wir die Krystallbildung im Mineralreiche begreifen wollen. Sehen wir nun, dafs durch die oft sehr schnell erfolgende künstliche Krystallbildung das Ungleichartige ausgeschieden wird, wie können wir dann glauben, dafs im Mineralreiche, bei einer so langsam von Statten gehenden Krystallbildung, gerade das Entgegengesetzte eintrete, dafs hier, wo der so lange anhaltende flüssige Zustand Zeit genug zur

*) n. Jahrb. f. Mineral. Jahrg. 1849. S. 780.

Sonderung des Ungleichartigen vom Gleichartigen läfst, sich Ungleichartiges in demselben Raume individualisire und ausbilde? —

Aber die Plutonisten werden sagen: so habe man sich die Sache nicht zu denken. Der strengflüssigere Glimmer krystallisirt früher, als die weniger strengflüssige Hornblende. Gerade defshalb, weil durch die Krystallisation des Glimmers die Hornblendemasse zurückgedrängt wird, schliefst diese, wenn sie gleichfalls zur Krystallisation kommt, jenen ein. Abgesehen davon, dafs nicht einmal alle Glimmerarten strengflüssiger, als alle Hornblendearten sind, tritt noch ein anderer Widerspruch entgegen. Derselbe Glimmer, welcher hier in der Hornblende eingewachsen ist, sitzt dort auf derselben. Wie hätte aber in diesem Falle der strengflüssigere Glimmer später zur Krystallisation kommen können, als die minder strengflüssige Hornblende? —

Wir glauben nicht, dafs irgend ein Mineralog oder Geolog den oben (S. 869.) beschriebenen Asbest in Hornblendekrystallen für eine Verwachsung beider Mineralien halten werde. Und doch, welcher Unterchied findet zwischen diesem eingeschlossenen Asbest und jenem in Hornblende eingeschlossenen Glimmer statt? — Wohl kein anderer, als dafs dort der Uebergang der Hornblende in Asbest durch eine Theilung in Lamellen und hierauf in Fasern vielleicht besser nachgewiesen werden kann, als hier der Uebergang in Glimmer. Setzt denn aber nicht dieser Uebergang gleichfalls eine Theilung in Lamellen voraus? —

Keineswegs sind wir jedoch der Ansicht, dafs alle Mineralien, welche in anderen eingewachsen sind, Umwandlungen dieser in jene seien. Den in Bergkrystallen eingeschlossenen Glimmer, Chabasit, Bleiglanz u. s. w. wird wohl Niemand für eine umgewandelte Kieselsäure halten wollen. Hier waren die eingeschlossenen Mineralien früher vorhanden, und um dieselben krystallisirte der Bergkrystall gerade so, wie es geschehen würde, wenn man ein im Weingeist unlösliches Salz in eine Lösung eines in dieser Flüssigkeit löslichen Salzes brächte, und dieses zum Krystallisiren käme. Erfolgen solche Krystallisationen einer Mineralsubstanz um eine andere auf nassem Wege, wie es ganz entschieden beim Bergkrystall

der Fall ist: so ist natürlich die Folge der Krystallbildung ganz unabhängig von der relativen Schmelzbarkeit: der äusserst strengflüssige Bergkrystall kann um den leichtflüssigen Chabasit krystallisiren, oder auch umgekehrt dieser um jenen. Bei einer Krystallisation auf feuerflüssigem Wege kann indefs, selbstredend, der minder strengflüssige Körper nur um den strengflüssigeren krystallisiren.

Mineralogen, welche sich über den alten Schlendrian erheben, werden immer mehr einsehen lernen, dafs viele Mineralien, die verwachsen mit andern erscheinen, nichts anders als Umwandlungen derselben sind. Noch Klaproth hat aus Gründen, die ihn als Chemiker ehren, das Kaolin für ein ursprünglich gebildetes Mineral gehalten. Der im Kaolin eingeschlossene Feldspath, oder das in diesem eingeschlossene Kaolin wären dem gemäfs zu den Verwachsungen zu zählen. Schwerlich wird es aber jetzt noch einen Mineralogen geben, der einer solchen Ansicht huldigte. Solche Mineralogen, welche in Feuer und Flammen gerathen, wenn nur das Wort Pseudomorphose ausgesprochen wird, und die da, wo sie die frühere Existenz eines andern Minerals nicht weg disputiren können, den hohlen Raum, welchen es nach seinem Verschwinden zurückgelassen hat, für eine Form halten, in der sich das neue Mineral, gleichwie eine Gypsfigur in ihrer Form, abgeformt hat, werden freilich nie zu einer klaren Anschauung von den Vorgängen im Mineralreiche gelangen. Sie thäten daher besser, wenn sie sich ihres Urtheils über solche genetische Gegenstände gänzlich enthielten.

Dem Begriffe der Verwachsung könnte man noch eine gröfsere Ausdehnung geben. So wie es mineralogische Verwachsungen giebt, so kann es auch chemische geben. Die oben (S. 517 u. 525.) angeführten Sahlit- und Augitkrystalle, welche an verschiedenen Enden eine ungleiche Zusammensetzung hatten, könnte man im chemischen Sinne für Verwachsungen verschiedener Individuen halten. Chemische Verwachsungen müfsten wir sie nennen, weil sie nicht mineralogisch, sondern nur chemisch nachgewiesen werden können. Wenn wir aber gezeigt haben, dafs diese Verschiedenheiten in der Zusammensetzung erst im Laufe der Zeit eingetreten sind: so können sie in einem höheren Grade fortschreitend, Anlafs zu

neuen Bildungen geben, welche dann als mineralogische Verwachsungen erscheinen. Diefs sind dann Pseudomorphosen, wenn die neuen Bildungen die Form der alten beibehalten, oder Umwandlungen, wenn diese in ihrer eignen Form auftreten.

Da einige Hornblenden Alkalien enthalten (S. 849.), sei es als wesentliche oder als zufällige Bestandtheile: so zeigt diefs, dafs sie dieselben aufnehmen und sich dadurch der Mischung des Glimmers nähern können. Die mit Glimmer durchwachsene Hornblende aus dem Diorit von *Corsica* (S. 872.) enthält auch Alkalien, welche, nach Delesse, nicht blofs vom Glimmer herrühren sollen. Auch dieser Umstand deutet auf die Umwandlung dieser Hornblende in Glimmer. Denkt man sich in einer thonerdehaltigen Hornblende die Kalkerde durch Kali verdrängt: so erhält man in der That eine Mischung, die von der Zusammensetzung des Magnesiaglimmers nicht mehr differirt, als die Zusammensetzung der Varietäten dieses Minerals unter sich.

Der so häufige Uebergang des Hornblendeschiefers in Glimmerschiefer deutet ganz besonders auf eine Umwandlung der Hornblende in Glimmer.

## Umwandlung der Hornblende in Chabasit.

Von dieser Umwandlung war schon oben (S. 600.) die Rede. Der Chabasitkranz umgiebt hier und da ziemlich regelmäfsig die Hornblendekrystalle, deren Ecken jedoch abgerundet sind. Wo die Krystalle beim Durchschlagen herausgefallen sind, zeigen sich gleichfalls abgerundete Ecken und Kanten in der zurückgebliebenen Chabasitmasse; an einer Stelle waren indefs die Ecken und Kanten noch sehr scharf. Manche Chabasite enthalten nur kleine unregelmäfsige Hornblende-Reste, bisweilen nur schwarze Puncte oder Flecken. Auf den Spaltungsflächen der Hornblendekrystalle finden sich kleine, meist mikroskopisch kleine Drusenräume mit Chabasit, hier und da auch mit Eisenoxydhydrat erfüllt. Auch sind die Spaltungsflächen theilweise ganz mit Chabasit bedeckt.

Die Umwandlung der Hornblende in Chabasit ist hier

unzweifelhaft. Sie schreitet von aufsen nach innen fort, findet aber auch, wie jene mit Chabasit erfüllten kleinen Drusenräume zeigen, auf den Spaltungsflächen statt. Manche Hornblendekrystalle haben einen kaum papierdicken Chabasit-Ueberzug; an andern erreicht er eine Dicke von einer halben Linie, oder der Chabasit verdrängt auch gänzlich oder fast die Hornblende. Hier und da ist die Hornblende in ein bräunliches specksteinartiges Mineral umgewandelt *).

Das Chemische jener Umwandlung ist nicht schwierig einzusehen. Im Chabasit und Gmelinit verhält sich der Sauerstoff der Basen zu dem der Kieselsäure wie 1 : 2; einige Varietäten, z. B. die von *Gustafsberg* und von *Parsborough*, zeigen jedoch einen höheren Kieselsäuregehalt, so dafs jenes Sauerstoffverhältnifs = 4 : 9 wird **). Berzelius ***) vermuthet aber, dafs dieser gröfsere Kieselsäuregehalt in jenem von ihm, und in diesem von Hoffmann †) analysirten Chabasit von einer zufälligen Beimengung von Kieselsäure herrühre, da kein Unterschied in der Krystallform, nicht einmal in den Winkeln und Structurverhältnissen (G. Rose) statt findet. Rammelsberg ††) untersuchte mit aller Sorgfalt den Chabasit von *Parsborough* und fand darin in der That 8 Proc. Kieselsäure, welche in kohlensaurem Natron unauflöslich, mithin ausgeschiedene Kieselsäure war. Nichts desto weniger blieb aber das Sauerstoffverhältnifs 4 : 9 unverändert.

Da der Chabasit seines Kalksilicats wegen leicht verwittert, wie auch das Brausen mancher Chabasite mit Säuren zeigt: so ist leicht begreiflich, wie durch theilweisen Verlust von Kalkerde die Kieselsäure relativ zunehmen kann. Da endlich die neueren Analysen eines von kohlensaurem Kalke freien Chabasits aus dem Basalte von *Annerode* bei *Giefsen* von Genth und Engelhardt †††) sehr nahe das

---

*) Sandberger a. a. O.

**) Rammelsberg's Handwörterb. Abth. I. S. 150.

***) Jahresbericht XIII. S. 169.

†) Poggend. Ann. Bd. XXV. S. 495.

††) A. a. O. Suppl. II. S. 32.

†††) Rammelsberg's Suppl. IV. S. 31.

Sauerstoffverhältnifs 1 : 2 geben: so ist wohl keine Frage, dafs dieses Verhältnifs das normale des unveränderten Minerals ist.

Im Chabasit haben wir daher dasselbe Sauerstoffverhältnifs, wie in den thonerdehaltigen Hornblenden, nach unserer hypothetisch angenommenen Zusammensetzung. Dem gemäfs haben wir blofs anzunehmen, dafs bei der Umwandlung der Hornblende in Chabasit die Thonerde, ihren elektronegativen Charakter verlierend, ganz eine Base wird, und dafs Eisenoxydul und Magnesia aus der Mischung treten und dagegen Alkalien und Wasser aufgenommen werden. Da indefs die Thonerde gegen die Kieselsäure in den Hornblenden meist in einem viel kleineren Verhältnisse vorhanden ist, als in den Chabasiten: so scheint bei der Umwandlung auch Kieselsäure fortgeführt zu werden.

Auffallend ist, dafs an die Stelle der Magnesia und des Eisenoxyduls, welche meist ganz verschwunden, oder doch blofs Spuren davon zurückgeblieben sind, nur eine geringe Menge Alkalien getreten ist. Vielleicht findet dieser Umstand in der elektrochemischen Umwandlung der Thonerde seine Erklärung; denn tritt diese, als Base, bei der Umwandlung der Hornblende in Chabasit mit der Kieselsäure in Verbindung: so ersetzt sie die in der Hornblende mit Kieselsäure verbunden gewesenen Basen, nämlich das Eisenoxydul und die Magnesia. Der Ursprung der Alkalien ist nicht weit zu suchen; ohne Zweifel rühren sie von der labradorischen Grundmasse her.

---

Wir sehen, die Hornblende unterliegt denselben Zersetzungsprocessen, wie die früher betrachteten Kalk- und Eisenoxydulsilicate: namentlich wie der Augit, nur dafs dieser, wie es scheint, einer Umwandlung in Chlorit nicht fähig ist. Tritt die Kalkerde ganz und das Eisenoxydul mehr oder weniger aus der Mischung der Hornblende, so entsteht Chlorit. Scheidet sich gleichzeitig die Thonerde aus, so entsteht Serpentin, der indefs manchmal noch geringe Quantitäten Kalkerde zurückhält. Treten aufser der Magnesia alle Basen aus der Mischung, so entsteht Speckstein oder Talk, die indefs meist noch geringe Mengen Eisenoxyd und Thonerde zurückhalten.

In den an Magnesia reichsten Hornblenden sind, wie im Speckstein und im Talk, gleiche Atome Kieselsäure und Magnesia vorhanden. Werden ihnen daher die übrigen Basen entzogen, so müssen Speckstein und Talk zurückbleiben. Der Chlorit enthält durchschnittlich 2 At. Kieselsäure und 5 At. Magnesia. Bei der Umwandlung jener Hornblenden in Chlorit müssen daher 3 At. Kieselsäure aus der Mischung treten. Der Serpentin enthält durchschnittlich 4 At. Kieselsäure und 9 At. Magnesia. Bei der Umwandlung jener Hornblenden in Serpentin müssen mithin 5 At. Kieselsäure ausgeschieden werden. Es stellt sich daher die Nothwendigkeit heraus, dafs bei der Umwandlung in Chlorit oder Serpentin Quarz ausgeschieden werden mufste, nicht aber bei der Umwandlung in Speckstein oder Talk.

Den genauen und sorgfältigen Untersuchungen mehrerer Geognosten in verschiedenen Gegenden verdanken wir eine Fülle von Thatsachen, welche uns in den Stand setzen, weiter unten die oben benannten Umwandlungen im Mineralreiche nachzuweisen, und zu zeigen, dafs dieselben sehr häufig statt gefunden haben, und ohne Zweifel noch stattfinden. Vorzugsweise wird sich die Umwandlung der Hornblende in Chlorit, mit Ausscheidung von Quarz und mit Bildung von kohlensaurem Kalk und Magneteisen, als der gewöhnliche Zersetzungsprocefs herausstellen.

Eine von den genannten Umwandlungen der Hornblende sehr verschiedene ist die in Chabasit; denn hierbei tritt nicht die Kalkerde, sondern die Magnesia mit Eisenoxydul aus der Mischung. Wenn es nicht zweifelhaft sein kann, dafs die Alkalien, wahrscheinlich als Carbonate (S. 420.), diese beiden Basen verdrängen: so müssen doch bei dieser Umwandlung besondere Umstände obwalten, wefshalb die sonst so leicht sich abscheidende Kalkerde der Verdrängung widersteht. Man berücksichtige, dafs bei vielen Umwandlungen der Augite die Kalkerde sogar durch Magnesia verdrängt wird (S. 829.), dafs, wenn auch diese verdrängt wird, jene doch gleiches Schicksal mit ihr theilt (S. 830.) und dafs die Augite auch niemals das Eisenoxydul ganz und die Kalkerde nur theilweise zu verlieren scheinen (S. 832.). Der angeführte zersetzte Hornblendekrystall vom *Wolfsberge* (S. 869.) zeigt indefs gleichfalls,

wie unter den Basen die Magnesia vorzugsweise verdrängt werden kann, freilich in diesem Falle nicht zugleich mit dem Eisenoxydul; denn dieses vermehrte sich sogar.

Dafs die Umwandlungsprocesse in dem, in Rede stehenden Basalte eine, von den in den Kap. VIII und IX betrachteten Richtungen ganz verschiedene genommen haben, ergiebt sich auch aus dem gänzlichen Mangel an Carbonaten. Stücke dieses Gesteins von mehreren Stufen, von sehr verschiedenen Graden der Veränderung, über welche, zur Vertreibung der atmosphärischen Luft aus den Poren, Wasser eine Zeit lang gekocht wurde, brausten nicht im mindesten mit Säuren. Salzsäure nahm nur geringe Mengen von Eisenoxyd, Thonerde, Kalkerde und Magnesia auf *). Traten daher Magnesia und Eisenoxydul als Carbonate aus der Mischung der Hornblende: so wurden sie durch Gewässer gänzlich fortgeführt.

Die Richtung der Zersetzung, welche dieser Basalt genommen hat, mufs übrigens jedes augitische Labradorgestein bei Bildung von Zeolithen nehmen; denn Kalkerde ist in allen diesen, der Analcim ausgenommen, ein wesentlicher Bestandtheil, und Magnesia und Eisenoxydul kommen in ihnen entweder gar nicht, oder doch nur spurweise vor. Sei es nun, dafs sich Zeolithe in der Masse des augitischen Labradorgesteins oder in Drusenräumen desselben bilden: stets müssen Magnesia und Eisenoxydul ausgeschieden werden.

Die Umwandlung der Hornblende in Chabasit müssen wir uns, so lange wir sie nicht allgemeinen Gesetzen unterwerfen können, durch hypothetische Annahmen zu versinnlichen suchen. Wir haben es als wahrscheinlich dargestellt (S. 851.), dafs in den thonerdehaltigen Hornblenden die Thonerde als elektronegativer Bestandtheil an die Magnesia gebunden sei. Wird die Thonerde bei der Umwandlung dieser Mineralien elektropositiv: so verläfst sie die Magnesia und, ihrer

*) Eine qualitative Prüfung des Chabasits zeigte, aufser den gewöhnlichen Bestandtheilen desselben, kaum merkliche Spuren von Magnesia. Die viel beträchtlichere Menge dieser Erde, welche die Salzsäure aus dem ganzen Gestein auszog, war daher in der Grundmasse enthalten.

Verwandtschaft zur Kieselsäure folgend, verbindet sie sich mit derselben, während die ausgeschiedene Magnesia von den Gewässern fortgeführt wird. Es mag sein, dafs diese Erde, von der Kohlensäure der Gewässer ergriffen, als Carbonat, oder mit Kieselsäure sich verbindend, als Silicat fortgeführt wird. Letzteres ist wahrscheinlich, da, wie wir gesehen haben, bei der Umwandlung der Hornblende in Chabasit ein Theil der Kieselsäure ausgeschieden wird.

Das bei dieser Umwandlung ausgeschiedene Eisenoxydul finden wir zum Theil noch in den kleinen Drusenräumen der Hornblenden als Oxydhydrat. Es sind kleine Reste, welche vor der Fortführung durch Gewässer, wahrscheinlich als Carbonat, oxydirt wurden und sich absetzten. In den mikroskopisch kleinen Drusenräumen scheint es stets den vom Chabasit umgebenen Kern zu bilden; manchmal färbt es denselben bräunlichgelb.

Auch in der Grundmasse des Basalts, welcher die umgewandelten Hornblenden enthält, findet sich eine grofse Menge kleiner Pünctchen von Eisenoxydhydrat, woraus sich ergiebt, dafs auch darin dieselben oder ähnliche Umwandlungen statt gefunden haben. Gröfsere Parthien von Chabasit, zu Drusen verbunden, auf manchen Stufen die Grundmasse des Gesteins ganz durchdringend, sind wahrscheinlich nicht aus der Zersetzung der Hornblendekrystalle an Ort und Stelle, sondern aus Gewässern entstanden, welche die Bestandtheile des Chabasits aus der Grundmasse fortgeführt haben. Es ist überflüssig zu bemerken, dafs die so häufig in Blasenräumen von Basalt, Mandelsteinen und andern ähnlichen Gesteinen vorkommenden Chabasite keinen andern, als diesen Ursprung haben können.

Da das spec. Gewicht des Chabasits kaum $\frac{2}{3}$ von dem der Hornblende ist, da diese bei ihrer Umwandlung in jene 20 Proc. und mehr Wasser aufnimmt: so kann, ungeachtet des Verlustes an Magnesia, Eisenoxydul und Kieselsäure, der Chabasit doch den Raum, welchen die Hornblende eingenommen hatte, erfüllen. Die kleinen, mit Chabasit und zum Theil mit Eisenoxydhydrat erfüllten Drusen in den Hornblenden zeigen indefs im Innern meist kleine leere Räume; es mag daher bei der Umwandlung doch eine geringe Raumverminderung statt gefunden haben.

Daſs alles, was in Beziehung auf die Umwandlung der Hornblende in Chabasit bemerkt worden, auch für die in dieses Mineral umgewandelten Augite gilt, ist um so begreiflicher, da Hornblende und Augit in ihrer Zusammensetzung so sehr mit einander übereinstimmen.

# Kap. XI.

## Gesteine, welche Hornblende als wesentlichen Gemengtheil enthalten.

Wir finden die Hornblende in Begleitung mit allen Feldspathen; in den Gesteinen aber, wo sie als wesentlicher Gemengtheil auftritt, ist sie, so weit es sich mineralogisch bestimmen läfst, entweder von Albit (Hornblendegesteine, Hornblendeschiefer, Diorite und Dioritporphyre) oder von Orthoklas und Oligoklas (Syenite und Syenitporphyre) begleitet. Die chemischen Analysen einiger Feldspathe aus Hornblendegesteinen und dieser Gesteine selbst zeigen jedoch, wie wir später sehen werden, noch andere Feldspath-Varietäten, welche besonders reich an Kalkerde sind.

In den dioritischen oder Albit-Hornblendegesteinen tritt der Albit manchmal so sehr zurück, dafs sie fast nur Hornblendegesteine sind; bisweilen fehlt er auch ganz. In anderen ist dagegen die Hornblende in geringer Menge vorhanden. Zu den accessorischen Gemengtheilen gehören: Quarz, Glimmer, Granat, Epidot, Magneteisen und Eisenkies. Im Hornblendeschiefer (Amphibolit) treten nicht selten auf Nestern und Trümmern Quarz, Feldspath, Hornblende u. a. Mineralien in Drusen auf. Der Hornblendeschiefer ist meist sehr deutlich geschichtet und eine sehr häufige Erscheinung. Der Diorit ist in der Regel ein, namentlich am *Ural* sehr verbreitetes massiges Gestein; doch kommen auch Ablagerungen mit mehr oder weniger deutlicher Schichtung vor. Uebergänge

in Hornblendegestein sind eine gewöhnliche Erscheinung *). Was daher von der Bildungsart des einen dieser Gesteine gilt, gilt auch von der des andern.

G. Rose **) bringt den Syenit in vier Abtheilungen: 1) bestehend nur aus Feldspath und Hornblende (*Friedrichswaern*); 2) aus Feldspath, Oligoklas und Hornblende (*Plauenscher Grund*); 3) aus Feldspath, Oligoklas, Hornblende, grünem Magnesiaglimmer und Quarz, wobei die Hornblende auch ganz wegfallen kann (*Radowitz* bei *Meifsen*); 4) aus Feldspath, Oligoklas und grünem Glimmer (*Polaun* und *Krummhübel* im *Riesengebirge* und *Altenberg* in *Sachsen*). Zu den unwesentlichen Gemengtheilen gehören: Titanit, Apatit und Magneteisen. Epidot kommt vorzüglich auf Nestern, Trümmern und Adern und auf Klüften des Gesteins vor. Bemerkenswerth ist, dafs bisweilen auch der Feldspath, selten der Quarz, in solchen Räumen erscheint ***). Selten oder weniger verbreitet sind: Zirkon, Nephelin, Polymignit, Pyrochlor u. s. w. (Zirkonsyenit im südlichen *Norwegen*).

Im Syenit der Umgegend von *Brevig* in *Norwegen* tritt zuweilen schwarzer Glimmer als Gemengtheil auf, der sogar stellenweise die Hornblende verdrängt, und aus dem Syenit einen Granit machen würde, wenn nicht die Quarzkörner gänzlich fehlten. In diesem Syenit, besonders auf den Inseln *Sandöe*, *Oxöe*, *Lovöe* und *Smedholmen*, finden sich als zufällige Gemengtheile hier und da Zirkon, Pyrochlor, Thorit, Leukophan, Eläolith, Wernerit, Radiolith, Molybdänglanz, Analcim, Mosandrit, ein grünes serpentinartiges Mineral u. s. w. Alle diese Mineralien kommen fast ausschliefslich nur in gewöhnlich grobkörnigen Syeniten vor; in feinkörnigen, beinahe einem Sandsteine ähnlichen Syeniten verschwindet jede Spur davon †).

Wo sich grofse Gemengtheile (Hornblende und Feldspath von 1 Cubikzoll Gröfse und darüber) ausgeschieden haben, bildeten sich die Krystalle unter besonders günstigen

---

*) Naumann's Lehrb. d. Geogn. Bd. I. S. 579 ff.

**) Zeitschr. d. deutschen geol. Gesellschaft Bd. I. S. 372.

***) Naumann a. a. O. S. 577.

†) Scheerer im n. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1843. S. 641.

Umständen, unter welchen auch andere Mineralien entstanden, die in feinkörnigen Syeniten fehlen. Es wäre interessant, durch eine chemische Untersuchung zu ermitteln, ob sich nicht in der Grundmasse der letzteren die, jenen Mineralien eigenthümlichen Bestandtheile, nämlich Zirkonerde, Beryllerde, Thorerde, Ceroxyd, Lanthanoxyd, Yttererde, Uranoxyd, Bleioxyd, Zinnoxyd, Tantalsäure, Titansäure und Molybdän, wenn auch nur spurweise finden.

Der Syenit ist ein massiges Gestein. Häufig ist er von Gängen feinkörnigen Syenits durchschnitten, wie man diefs unter andern sehr charakteristisch bei *Schönberg*, am Fufse der Kirche, unweit der *Bergstrafse* wahrnehmen kann.

Hier finden sich entblöste Felswände eines hornblendereichen Syenits mit Adern eines sehr quarzreichen Syenits von einer Linie bis zu mehreren Zollen Mächtigkeit, nach allen Richtungen so durchsetzt, dafs die Gangmassen mehr, als das Gestein selbst auszumachen scheinen. Dafs sich eine solche Bildung äufserst schwierig mit einem plutonischen Ursprunge des Gesteins und der Gänge einigen läfst, mufs jeder einsehen, der seine Augen nicht verschliefst. Bei einer Ausfüllung der Spalten mit geschmolzenen Massen kann kein allmälig fortschreitendes Oeffnen der Spalten gedacht werden; so weit, wie sie jetzt sind, mufsten sie gewesen sein, als sie auf einmal ausgefüllt wurden. Schwerlich würde es dem geschicktesten Steinmetzen gelingen, einen Steinblock nach dem Modelle der dort anstehenden Felsen so auszuarbeiten, dafs die Adern und Spalten unausgefüllt blieben. Das Gerippe, das Nebengestein darstellend, würde in sich selbst zerfallen, und eindringenden geschmolzenen Massen keinen Widerstand leisten können, wenn es auch möglich wäre, dafs diese in Canälen von einer Linie Dicke hätten fliefsen können, ohne zu erstarren. Als ich diese Syenitfelsen sah, wurde in mir der Glaube an die plutonische Entstehung dieses Gesteins zuerst erschüttert.

Weibye *) fand im Syenit auf der Insel *Lamö* bei *Brevig* mehrere neue Mineralien, welche er Tritonit, Katapleiit und Eudnophit nannte, und die von Leukophan, Mosan-

---

*) n. Jahrb. 1849. S. 770.

drit, Zirkon, Aegirin u. s. w. begleitet werden. Der Tritonit enthält nach der Analyse von Berlin, aufser Kieselsäure, Thonerde, Eisenoxydul, Manganoxydul, Kalkerde, Magnesia und Natron, Ceroxyd, Lanthanoxyd, Yttererde, Kupfer, Zinn und Wolfram, und verlor beim Glühen 7,86 Proc. Der Katapleiit enthält nach Sjögren, aufser Kieselsäure, 30 Proc. Zirkonerde und 9 Proc. Wasser. Der Eudnophit ist, nach der Analyse von Berlin und v. Bork, eine dimorphe Abänderung des Analcims *).

Es ist von besonderem Interesse, wasserhaltige, und mithin den Zeolithen zugehörende Mineralien im Syenit zu finden. Selbst die Plutonisten, welche dieses Gestein für eine plutonische Bildung halten, müssen also, wenn sie nicht nochmals auf das längst abgedroschene Auskunftsmittel zurückkommen wollen, dafs sich wasserhaltige Mineralien in der Schmelzhitze unter Druck bilden können, im Syenit spätere Umwandlungen auf nassem Wege anerkennen. Jene drei neuen Mineralien scheinen nur im Gesteine selbst, nicht in Drusenräumen vorzukommen.

Der Syenitporphyr enthält in einer Grundmasse eingeschlossene Krystalle von Feldspath, Oligoklas, Magnesiaglimmer und Hornblende. Von unwesentlichen Gemengtheilen finden sich: Granat, Nephelin, Titanit, Quarz sehr selten, Magneteisen, Eisenglanz und Eisenkies. Der Syenitporphyr ist jünger, als der Syenit; denn er durchsetzt diesen in Gängen **). In der Mineraliensammlung v. Leonhard's fand ich in Syenitporphyren von *Zinnwald* und *Altenberg* rothe Feldspathkrystalle bis 1 Zoll Länge, die theils mit einem Kaolinmantel umgeben, theils im Innern verwittert waren. Kleine Krystalle waren

---

*) Poggend. Ann. Bd. LXXIX. S. 299 ff. — Die Erde im Katapleiit ist Zirkonerde genannt worden, weil sie mit der Erde im Zirkon von *Fredrikswaern* vollkommen übereinstimmt. Beide weichen aber in ihrem Verhalten gegen gewisse Reagentien ziemlich von dem ab, was von der Zirkonerde in den Handbüchern angegeben wird. In wie fern diese Erde im Katapleiit Norerde sein könne, läfst sich wohl schwerlich bestimmen, da das chemische Verhalten der letzteren unbekannt ist.

**) G. Rose a. a. O. S. 377.

ganz verwittert. Gewifs wird der Quarz in den Syenitporphyren da auftreten, wo solche Verwitterungen statt gefunden haben.

Je mehr die Hornblendegesteine unwesentliche Gemengtheile enthalten, desto mehr haben in ihnen Umwandlungen statt gefunden. Das schon oben (S. 872.) hervorgehobene Verhältnifs der Hornblende zum Glimmer tritt in ihnen sehr auffallend hervor. In manchen ächten Syeniten ist die Hornblende von grünem feinschuppigen Glimmer umgeben oder durchwachsen. Oft wird sie durch ihn theilweise oder ganz ersetzt, und in diesem Falle stellt sich auch Quarz ein. Auf dem *Harze* finden sich grünsteinähnliche Gemenge, in denen schwarzer Glimmer die Hornblende vertritt, und im *Fichtelgebirge* Gneifsmassen, worin, bei fast gänzlichem Zurücktreten des Quarzes, die Hornblende den Glimmer ersetzt *). Alles dieses deutet auf eine Umwandlung der Hornblende in Glimmer; denn jene und selbst die thonerdehaltigen Hornblenden sind reicher an Kieselsäure als dieser, besonders als der Magnesiaglimmer. Wenn Naumann bemerkt, dafs sich Glimmer und Quarz besonders da einfinden, wo der Syenit in Granit übergeht (wie in der Gegend von *Meifsen*): so möchten wir umgekehrt sagen, weil die Hornblende verschwindet, indem sie in Glimmer und Quarz zerfällt, so geht der Syenit in Granit über. Es giebt Granite mit ziemlich gleichen Mengen von Glimmer und Hornblende; gewöhnlich nimmt aber der eine dieser Gemengtheile in dem Verhältnisse zu, als der andere abnimmt. Am *Thüringer Walde* tritt mit Aufnahme von Hornblende eine Veränderung in der Structur des Granits ein: das körnige Gestein wird fasrig, gneifsartig **): eine ähnliche Erscheinung, wie oben (S. 885.).

Was den Epidot, diese Schmarotzerpflanze betrifft, welche fast überall auftritt, wo eisenhaltige Mineralien einer Zersetzung erlegen sind, so finden wir ihn in den Hornblendegesteinen unter ähnlichen Verhältnissen, wie in den Melaphyren (S. 655 ff.). Vielleicht würden sich in jenen ähnliche Beziehungen zwischen Epidot und Quarz, wie in diesen, ergeben,

---

*) Hoffmann in Poggend. Ann. Bd. XVI. S. 537 und 549.

**) Credner im n. Jahrb. 1843. S. 266 und 267.

wenn man die Aufmerksamkeit darauf richtete; denn so wie bei der Zersetzung der Melaphyre in Epidot, so mufs sich dieses Mineral auch bei gleicher Zersetzung der Hornblendegesteine ausscheiden.

Sollte sich bei näheren Untersuchungen Epidot und Albit finden: so wäre zu schliefsen, dafs selbst noch während der Umwandlungsprocesse Albit durch Gewässer fortgeführt oder regenerit wurde. Diese Möglichkeit mufs man zulassen; denn ich fand im *Berliner* Mineraliencabinet eine Stufe von *Arendal*, wo Albit auf Epidot sitzt, sich auch in Sprünge desselben hineinzieht und in kleinen Parthien darin eingeschlossen ist.

Oben (S. 846.) haben wir schon bemerkt, dafs Hornblendegesteine so selten mit Säuren brausen. Selbst an sehr verwitterten Syeniten oder Dioriten im *Birkenauer Thal* an der *Bergstrafse* ist dieses Brausen eine sehr seltene Erscheinung, und wo ich es wahrnahm, dürfte der kohlensaure Kalk von dem darauf liegenden Löfs herrühren. An manchen Stellen enthält der Syenit sehr viel Eisenkies, der unverkennbar da am häufigsten vorkommt, wo das Gestein von vielen Quarzadern durchzogen ist; man findet ihn auch in diesen selbst. Auf einem sehr verwitterten Syenit safsen sehr viele Eisenkiese. Quarzausscheidung und Eisenkiesbildung sind daher in diesen Syeniten coordinirte Zersetzungsprocesse, sei es, dafs der Quarz von zersetztem Feldspath und der Eisenkies von zersetzter Hornblende herrührt, oder dafs diese das Material für beide Mineralien geliefert hat. Das Brausen mit Säuren zwischen den Quarzadern und dem Nebengesteine, wie ich es bei Melaphyren wahrgenommen habe (S. 621.), zeigte sich nicht bei jenen Quarzadern.

Es giebt indefs, aufser den oben (S. 846.) angeführten Syeniten und Graniten auch andere Hornblendegesteine, welche mit Säuren brausen, wie das von den französischen Geognosten *Kersanton* benannte in der *Bretagne* und wie manche Dioritporphyre. In diesen erkennt man sogar Kalkspathe. Bei *Bogoslowsk* und bei *Newionsk* ist Kalkspath mandelsteinartig in Diorit eingeschlossen. Kalkstein ist überhaupt ein häufiger Begleiter desselben *). Im *Nassauischen* durchlaufen die Grün-

---

*) Kupffer in Poggend. Ann. Bd. XVI. S. 274.

steine alle Stufen der Veränderung bis zum Schaalstein und Kalk *).

Im *Schönberger Thale*, im *Odenwalde*, unweit der *Bergstrafse*, habe ich die Verwitterung des Syenits in zwei sehr verschiedenen Formen wahrgenommen. Unterhalb *Elmshausen*, rechts von der Strafse thalabwärts, erscheint dieses Hornblendegestein in Blöcken mit fast senkrechten Absonderungsflächen, so verwittert, dafs sie lauter dünne, von Quarzschnüren durchzogene Blätter bilden, welche mit den Fingern abgelöst werden können. Gleichwohl zeigt sich, wie die unten folgenden Analysen darthun, kein wesentlicher chemischer Unterschied zwischen diesem verwitterten und einem unverwitterten Hornblendegesteine ganz in der Nähe.

In *Schönberg*, in einer Kelleranlage, noch hoch über der Bachsohle, war der Syenit sehr feucht, verschiedenartig grün, ocherbraun, ochergelb gefärbt, und so weich, dafs er mit den Händen losgebrochen werden konnte. Hier und da war er in specksteinartige Massen umgewandelt.

Weibye **) beschreibt concentrische Schalen, die mitten im grauen Feldspathe des Syenits auf der Insel *Lamö* kugelförmige Parthien bilden. Im Centrum einer solchen Parthie findet sich ein Thoritkrystall. (?) Andere Feldspathe enthalten eingewachsene Mosandritkrystalle mit solchen knolligen Bildungen an den Seitenflächen derselben.

Es ist nicht anzunehmen, dafs diese Krystalle umgewandelte Feldspathe seien; denn die knolligen Bildungen, welche dem Thorit- oder Mosandritkrystall ankleben, tragen das Gepräge eines Absatzes aus Wasser, der nicht im Innern eines andern Minerals erfolgen kann. Ist aber der Feldspath später als die wasserhaltigen Mineralien entstanden: so kann er nicht eine feuerflüssige Bildung sein. Wie auch das Gestein, welches jetzt als Syenit erscheint, entstanden sein mag, so viel ist gewifs, dafs nach seiner Entstehung die durchfiltrirenden Gewässer Umbildungen in jene zeolithartigen Mineralien und später in Feldspath bewirkt haben. Wenn aber die Feldspathe, welche die wasserhaltigen Mineralien umhüllt haben,

*) Grandjean im n. Jahrb. f. Min. 1847. S. 170.

**) n. Jahrb. f. Min. u. s. w. Jahrg. 1849. S. 771.

durch Processe auf nassem Wege entstanden sind: so ist kein Grund vorhanden, für den, die Hauptmasse des Syenits ausmachenden Feldspath eine andere Bildung anzunehmen.

Nichts kann entschiedener beweisen, dafs die Gewässer in Gebirgsgesteinen aus vorhandenen Bestandtheilen krystallinische Bildungen produciren, als die in Rede stehenden Erscheinungen. Sie lösen Vorhandenes auf und bilden Neues aus dem Gegebenen. Die Vereinigungsverwandtschaft und die Krystallisationskraft reiht in einem festen Gesteine ebenso ein Molecül an das andere und stöfst das Ungleichartige ab, wie in einer gemeinschaftlichen Lösung mehrerer Salze. Es ist nur der Unterschied, dafs sich in einer Flüssigkeit die sich bildenden Krystalle leichter Platz schaffen können, als in einem festen Gesteine; denn dort ist das Verdrängende schon in Auflösung, hier mufs es erst von den Gewässern aufgelöst werden.

Schon längst würden die Vorgänge im Mineralreiche zu einer klareren oder überhaupt zu einer Anschauung gekommen sein, wenn man sie mit ähnlichen und bekannten Vorgängen im organischen Reiche verglichen hätte. Das Emporsteigenlassen von feuerflüssigen Massen da, wo man es braucht, das Bratenlassen von sedimentären Gesteinen durch feuerflüssige Massen in Entfernungen von Tausenden von Fussen (Bd. II. S. 351), sind zwar auch Anschauungen, aber nur Anschauungen unklarer Köpfe, mehr geeignet für ideale Philosophen, als für reale Naturforscher. Selbst die äufsere Anschauung sollte der innern weichen müssen; denn dieselben Geognosten, welche offenherzig gestehen, dafs sich häufig bei unmittelbarer Berührung feuerflüssiger Massen mit sedimentären Gesteinen keine Veränderungen zeigen, werden ein andermal vollkommen zufrieden gestellt, wenn sie, ein metamorphosirtes Gestein verlassend, nach einer mühevollen Wanderung über Berg und Thal, das plutonische finden, welches, gleichwie ein elektromagnetischer Telegraph die Gedanken spedirt, so die Hitze bis zu weiter Entfernung spedirt haben soll.

Wir finden im Heu und Stroh nach dem Einäschern mehr als 2 Proc. Kieselsäure *). Wir wissen, dafs diese, wie

*) Nach sorgfältiger Analyse fand ich im Roggenstroh 2,161, im Heu 2,088 Proc. Kieselsäure.

die andern mineralischen Bestandtheile aus dem Boden durch Gewässer den Pflanzen zugeführt werden. Berücksichtigen wir, dafs selbst die an Kieselsäure reichsten Quellwasser davon doch nur ungefähr $\frac{1}{10000}$, die ärmeren kaum $\frac{1}{70000}$ aufgelöst enthalten: so begreifen wir, wie Heu und Stroh während der kurzen Zeit ihres Wachsthums grofse Quantitäten Wassers aufnehmen müssen. Das Gewicht einer Ernte von Heu und Stroh giebt uns das Gewicht der Kieselsäure, die in 50 Jahren von den im Vegetations-Processe circulirenden Gewässern aus dem Boden aufgenommen, und in diesen Pflanzen abgesetzt wird. Diese Quantität, ungefähr 1 Pfund auf 1 Quadratmeter Wiesen- oder Ackerboden, die der dünnen obersten Schicht der Erdkruste, in welcher die Vegetation von Statten geht, entzogen wird, könnte, wenn sie nicht den Pflanzen, sondern den tiefern Schichten des Gesteins zugeführt würde, darin gewifs merkliche Veränderungen in der Mischung hervorbringen. Was sind aber 50 Jahre für geologische Perioden, in denen man nach Millionen Jahren rechnet! —

Wir finden in der Asche der Pflanzen die mineralischen Bestandtheile in ganz anderen Verhältnissen, als in den, die Ackererde durchdringenden Gewässern und in dieser selbst. Alkalien, phosphorsaure Salze, in den gewöhnlichen Quellwassern nur in sehr geringen Mengen vorhanden, treten in den Pflanzenaschen häufig als überwiegende Bestandtheile auf. Ungeachtet den Pflanzen Gewässer zugeführt werden, welche meist nur Spuren von Kali neben verhältnifsmäfsig grofsen Mengen von Natron enthalten: so nehmen doch, nach den Untersuchungen meines Sohnes (Bd. II. S. 703 u. 718), die Holzarten so wenig von diesem Alkali auf, dafs es oft nur mit grofser Mühe nachgewiesen werden kann.

Die Pflanzen assimiliren das, was sie brauchen, und geben das, was sie nicht brauchen, wieder ab. Die ausgeschiedenen, wie die aufgenommenen Bestandtheile nehmen ihren Weg durch die Wurzeln, von denen daher andere Flüssigkeiten secernirt, als absorbirt werden. Die chemischen Processe, welche in den Pflanzen von Statten gehen, verändern demnach die Flüssigkeiten in ihren Umgebungen.

Diesem sehr ähnlich verhält es sich in den Gebirgsgesteinen. Durch diese, wie durch den Boden, auf welchem Pflan-

zen wachsen, dringen Gewässer. Hier wie dort lösen dieselben mineralische Stoffe auf. Hier wie dort sind es chemische Processe, welche Ausscheidungen aus den sich bewegenden Gewässern bewirken, und das Ausgeschiedene theils als solches absetzen, theils mit Vorhandenem verbinden. Es ist, wenn wir von der Production der organischen Substanzen in den Pflanzen abstrahiren, nur der Unterschied, dafs alles, was sich in diesen an mineralischen Bestandtheilen absetzt, von aufsen kommt, während in den Gesteinen die Bestandtheile blofs ihren Ort wechseln, und sich entweder zu gröfseren Individuen gruppiren, oder durch Mischungen und Zersetzungen selbstständige Verbindungen hervorbringen.

So wie die verschiedenartigsten Pflanzen, welche qualitativ und quantitativ ungleiche mineralische Bestandtheile aufnehmen, neben einander wachsen und von gleichartigen Flüssigkeiten genährt werden: so nehmen auch neben einander im Gebirgsgesteine eingeschlossene verschiedenartige Mineralien ungleiche Bestandtheile aus gleichartigen Gewässern auf. Die aus den Wurzeln ungleicher Pflanzen in den Boden zurückkehrenden Flüssigkeiten führen, wie die Gewässer, welche Veränderungen in ungleichartigen Mineralien bewirkt haben, verschiedene Bestandtheile fort.

Wandelt sich Hornblende in Glimmer um, so müssen die Gewässer Kali zuführen und Kalkerde fortführen (S. 873). Wandelt sich dagegen Feldspath in Glimmer um, so müssen die Gewässer Magnesia und Eisenoxydul zuführen und Kieselsäure fortführen (S. 303). Dieselben Gewässer können daher, wenn sie Kali, Magnesia und Eisenoxydul enthalten, diese wie jene Umwandlungen bewirken: bei jenen verlieren sie ihr Kali, bei diesen ihre Magnesia, und in beiden Fällen fliefsen an Kieselsäure reichere Flüssigkeiten ab. Die Möglichkeit ist nicht in Abrede zu stellen, dafs beide Umwandlungen unmittelbar neben einander erfolgen, und dafs die abfliefsenden Gewässer an tieferen Stellen die aufgenommene Kalkerde als Carbonat und die aufgenommene Kieselsäure als Quarz in Spalten oder Drusenräumen wieder absetzen, oder dafs die Kieselsäure das Gestein verkieselt oder andere Mineralien verdrängt, wie die vielen Pseudomorphosen von Quarz nach anderen Mineralien solche Verdrängungen nachweisen.

Auf welche Weise die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen mit den organischen verbunden sind, wissen wir nicht, und wüfsten wir es auch, so würden wir daraus doch nur wenig Belehrung für die Kenntnifs der im Mineralreiche vorgehenden Processe schöpfen. In der Asche der Pflanzen ist aber die Kieselsäure an Kali, Kalk und Magnesia gebunden (Bd. I. S. 773). Es ist nicht zweifelhaft, dafs sie in denselben Verbindungen von den Pflanzen aufgenommen wird. Diese Silicate, welche beim Bilden und Umbilden im Mineralreiche die wichtigste Rolle spielen, sind es also, welche auch in das Pflanzenreich treten, und hier eine nicht minder bedeutende Rolle spielen.

Wie die in den geringsten Quantitäten in den Gewässern vorkommenden mineralischen Bestandtheile von den Pflanzen vorzugsweise aufgenommen werden, so sind es nahe dieselben Bestandtheile, welche auch für die chemischen Processe im Mineralreiche dienen; denn von den Pflanzen, wie von den Gesteinen werden jene Bestandtheile vorzugsweise ergriffen und die gewöhnlich in viel gröfseren Mengen vorhandenen Salze bleiben grösstentheils in den Gewässern gelöst zurück. So wie die Gewässer phosphorsaure Salze in den Pflanzen absetzen, so setzen sie dieselben auch in Spalten und Klüften des Gebirgsgesteins ab (Bd. I. S. 703 ff.). Auf Erzgängen erleiden die in Gewässern gelösten phosphorsauren Salze mancherlei Umwandlungen in phosphorsaure Metallsalze (Bd. I. S. 725 u. 726). Während jedoch die phosphorsauren Salze im Pflanzenreiche eine sehr wichtige Rolle spielen, haben sie auf die in Gebirgsgesteinen selbst vor sich gehenden metamorphischen Processe keinen oder doch nur einen äufserst beschränkten Einflufs.

In den Pflanzen wandeln sich die aufgenommenen kohlensauren Alkalien durch die in ihnen producirten Pflanzensäuren in pflanzensaure Alkalien um, welche, wie z. B. der Weinstein im Traubensafte, zu den vorherrschenden Salzen gehören. Diese Carbonate sind es auch, welche in den Gebirgsgesteinen erdige Silicate, wie Kalk- und Magnesiasilicat, zersetzen und zur Bildung neuer Mineralien Anlafs geben (S. 420). In den Pflanzen wird daher die Kohlensäure gegen Pflanzensäuren, in den Gesteinen gegen Kieselsäure ausgetauscht.

In den Pflanzen rührt nicht die ganze Menge der Kalkerde und der Magnesia von zugeführten Silicaten dieser Erden her; denn wir finden, wie namentlich in den Holzarten, neben bedeutenden Quantitäten von Kalkerde, nur sehr wenig Kieselsäure *). Diese Erden stammen also von den zugeführten Carbonaten der Kalkerde und der Magnesia ab, und es sind ohne Zweifel die Pflanzensäuren, welche daraus die Kohlensäure verdrängen. Es scheint aber nicht, dafs die den Gebirgsgesteinen durch Gewässer zugeführten Carbonate der Kalkerde, der Magnesia und des Eisenoxyduls eine Rolle bei den Umwandlungsprocessen spielen, da auf nassem Wege und in gewöhnlicher Temperatur diese Carbonate nicht in Silicate umgewandelt werden. Könnten im Mineralreiche, wie im Pflanzenreiche, organische Säuren producirt werden: so würden pflanzensaure Kalkerde und pflanzensaure Magnesia mittelst kieselsaurer Alkalien in Kalk- und Magnesiasilicate umgewandelt werden. Die erdigen Carbonate in den Gewässern kommen aber in den Gebirgsgesteinen nur als solche zum Absatze, und in dieser Beziehung haben sie für das Mineralreich eine grofse Bedeutung, wie die Ausfüllungen der Drusenräume und Spalten mit diesen Carbonaten und die oft so mächtigen Kalkspath- und Eisenspathgänge zeigen.

Die schwefelsauren Salze und die Chlorüre, welche häufig die vorwaltenden Bestandtheile in den Gewässern sind, finden sich in den Pflanzenaschen, in Vergleich mit den phosphorsauren Salzen, meist nur in geringen Mengen. Von diesen leichtlöslichen Salzen kommt daher bei weitem weniger zum Absatze in den Pflanzen, als von den schwerlöslichen phosphorsauren Salzen und von der schwerlöslichen Kieselsäure. Bei den chemischen Processen im Mineralreiche spielen diese Salze gar keine Rolle und sie kommen nur da zum Absatze, wo Salzlösungen eintrocknen. Bei weitem in gröfster Menge gelangen sie in die grofse Salzkammer unserer Erde, in das Meer.

Die Parallele, welche wir zwischen den Wirkungen der Gewässer im Pflanzen- und im Mineralreiche gezogen haben, macht es anschaulich, wie in beiden Reichen gerade die in

*) Liebig's Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur S. 344 ff.

den geringsten Quantitäten in den Gewässern gelösten Stoffe die wirksamsten sind. Dafs diese Wirkungen im Pflanzenreiche durch die Gegenwart der, meist in viel gröfseren Mengen in den Gewässern vorhandenen Salze nicht aufgehoben oder beschränkt werden, zeigen die Analysen der Pflanzenaschen. Mit gutem Grunde schliefsen wir daher, dafs eine solche Beschränkung auch nicht im Mineralreiche stattfinden werde. Die schwefelsauren Salze, die Chlorüre und die erdigen Carbonate, welche in überwiegender Menge in Gewässern, deren Silicate Umwandlungen bewirken, vorhanden sind, bleiben also nach wie vor in ihnen gelöst. Welche verhältnifsmäfsig grofse Quantitäten dieser Salze durch manche Mineralien geführt werden, die sehr bedeutende Umwandlungen erleiden, ist leicht einzusehen. Der Andalusit z. B., welcher in seinem reinen Zustande nur aus Thonerdesilicat besteht, mufs bei seiner Umwandlung in Glimmer die ganze Menge der, diesem Minerale zukommenden Silicate von Kali, Magnesia und Eisenoxydul aus den Gewässern aufnehmen. Welche beträchtliche Quantitäten jener schwefelsauren Salze, Chlorüre und erdigen Carbonate, die in manchen Gewässern bis zum Hundertfachen dieser Silicate steigen, müssen daher durch einen solchen Andalusit mit den Gewässern, deren Silicate die Umwandlung bewirken, geführt werden! —

Die grofse Rolle, welche die Silicate im Mineral-, wie im Pflanzenreiche spielen, und die wir dort in den Umwandlungsprocessen und in den Pseudomorphosen, hier in den Pflanzenaschen deutlich erkennen, und die Aehnlichkeit, welche sich in dieser Beziehung zwischen den Wirkungen in beiden Reichen zeigt, kann gar nicht unbeachtet bleiben. Die Resultate von chemischen Processen, welche wir im Pflanzenreiche in zählbaren Jahren wahrnehmen, erleichtert uns daher im hohen Grade die Erkenntnifs dessen, was im Mineralreiche in unzählbaren Jahren von Statten gegangen ist.

Diejenigen, welche sich an eine solche Anschauungsweise der Vorgänge im Mineralreiche noch nicht gewöhnt haben, und denen es schwer werden dürfte, zu begreifen, wie die Minima, welche die Gewässer von den meisten mineralischen Stoffen auflösen, grofsartige Metamorphosen in den Gebirgsgesteinen hervorbringen können, brauchen ihr Augenmerk

nur auf die Asche des Heu's und Stroh's zu richten. Hier haben sie den Erfolg dieser Minima vor Augen. Da die Gewässer, welche dem Heu und Stroh die mineralischen Bestandtheile zuführen, nur durch eine kaum 1 Fufs dicke Schicht dringen: so ist einleuchtend, dafs die durch die Gebirgsgesteine dringenden Gewässer auf ihrem ungleich längeren Wege mindestens nicht weniger, als jene auflösen werden. Berücksichtigt man endlich, dafs die, durch die Gebirgsgesteine dringenden Gewässer bei weitem mehr betragen, als die in die Pflanzen übergehenden: so ist unzweifelhaft, dafs vom Gebirgsgesteine bei weitem mehr mineralische Bestandtheile aufgelöst werden, als in das Pflanzenreich übergehen. Die Minima, welche die Gewässer auflösen, werden nach solchen Vergleichungen zu grofsen Massen. Aber nur im Mineralreiche multipliciren sie sich; dem Pflanzenreiche werden sie blofs geliehen; denn nach dem Absterben der Pflanzen kehren sie in den Boden wieder zurück.

Wie in der dünnen Erdkruste, in welcher die Pflanzen wurzeln, Auflösungen, Absätze und Ausscheidungen mineralischer Stoffe von Statten gehen, so gehen sie auch unter ihr und bis dahin von Statten, wohin noch Gewässer dringen. Dort stehen die chemischen Processe unter der Herrschaft der Organisation: die unorganischen Bestandtheile des Bodens werden von den Pflanzen mit Auswahl aufgenommen und assimilirt. Hier sind es die im Mineralreiche, wie in unsern Laboratorien geltenden chemischen Gesetze, welche bilden und umbilden, und auch hier nehmen die Gesteine das ihnen durch die Gewässer Dargebotene mit Auswahl auf. Es ist nicht eine Fiction, dafs auch hier ein Werden und ein Vergehen ist; denn unter der mächtigen hundertjährigen Eiche, welche unsere Vorfahren gepflanzt, finden wir zersetzte Feldspathe, umgewandelte Augite, Quarze in Formen von Kalkspath u. s. w. Dafs die Eiche gewachsen ist, bezeugt die Geschichte; wir selbst sind Zeugen davon, wir kennen ihr Alter. Dafs unter ihr im Mineralreiche Zersetzungen, Umwandlungen und Verdrängungen statt gefunden haben, bezeugt die unverändert gebliebene ursprüngliche Krystallform der, der Veränderung unterlegenen Mineralkörper; nichts bezeugt aber das hohe Alter dieser Veränderungen.

Wenn die Methode der chemischen Analyse, durch Säuren die Gebirgsarten in darin auflösliche und unauflösliche Gemengtheile zu zerlegen, bei den augitischen Labradorgesteinen zu keinem befriedigenden Resultate führt (S. 628): so kann sie bei den Hornblendegesteinen gar keine Anwendung finden, da deren Gemengtheile ein nahe gleiches Verhalten zu den Säuren zeigen. Soll daher die chemische Analyse die mineralogische Untersuchung ergänzen: so bleibt, wenn man nicht im Stande ist, die Gemengtheile abzusondern und für sich zu analysiren, nichts anderes übrig, als diese Gesteine im Ganzen zu zerlegen.

Nur in dem Falle, dafs in einem Hornblendegesteine die Alkalien blofs den Feldspathen und nicht der Hornblende zugehören, kann man aus der chemischen Analyse mit mehr oder weniger Wahrscheinlichkeit auf die Gemengtheile des Gesteins schliefsen. Da aber die, Alkalien haltenden Hornblenden gerade in Syeniten vorkommen, da, wie es scheint, auch die Hornblende im Kugeldiorit Alkalien enthält: so wird die Aufgabe vom Chemiker allein nie bestimmt gelöst werden können. Er wird aber im Stande sein, die Zahl der Combinationen in der Mengung der verschiedenen Feldspathe mit den Hornblenden zu beschränken, wenn der Mineralog ihn einiger Maafsen unterstützen kann.

Dem ersten Anscheine nach würde es genügen, die Rechnung nach den chemischen Formeln der in Hornblendegesteinen vorkommenden Feldspathe, des Orthoklas, Oligoklas und Albit, zu führen. Hierbei käme der Umstand zu Statten, dafs der Orthoklas und Albit gleiche chemische Formeln haben; nur dafs in jenem Kali und in diesem Natron bei weitem vorherrschend ist. Ob Orthoklas oder Albit vorhanden, würde daher für die Bestimmung der Thonerde und Kieselsäure, welche diesen Feldspathen zukommt, einerlei sein. Man hätte überhaupt nur die chemischen Formeln des Orthoklas und des Albit einer Seits und die chemische Formel des Oligoklas anderer Seits der Berechnung zum Grunde zu legen. Allein da in diesen Feldspathen meist Kalkerde und Magnesia in geringeren und gröfseren Mengen die Alkalien zu vertreten scheinen: so würde die Kieselsäure und Thonerde zu gering bestimmt werden, wenn man die Rechnung nach den chemi-

schen Formeln führen wollte. Um diese Fehler zu beseitigen, haben wir die Verhältnisse der Alkalien zur Kieselsäure und Thonerde in den bis jetzt analysirten Feldspathen zu ermitteln, und daraus ein mittleres Verhältnifs abzuleiten, wonach die Rechnung geführt werden kann. Wir beschränken uns blofs auf die neueren Analysen, in denen die relativen Quantitäten der Alkalien angegeben sind, und folgen hierbei der Zusammenstellung in Rammelsberg's Handwörterbuche und in dessen Supplementen.

Wir würden Bedenken tragen, die nachstehenden Zusammenstellungen und die daraus entwickelten Formeln hier folgen zu lassen, wenn dieselben nicht auf andere krystallinische Gesteine, in denen diese Feldspathe, wie z. B. in den rothen Porphyren, als Gemengtheile vorkommen, Anwendung fänden. Wir werden nämlich sehen, dafs in den Hornblendegesteinen Feldspathe von einer Zusammensetzung vorkommen, die von der der Orthoklase, Albite und Oligoklase sehr abweicht. So lange man aber diese Feldspathe nicht unter einen allgemeinen Ausdruck bringen kann, fehlen uns Anhaltepuncte zur Berechnung der Gemengtheile eines Hornblendegesteins, sofern wir dieselben nicht zu sondern und einzeln zu analysiren vermögen.

Die Sauerstoffquantitäten der Alkalien sind stets als Einheit gesetzt.

Orthoklas.

| | Sauerst. der Thonerde | Sauerst. der Kieselsäure |
|---|---|---|
| *St. Gotthardt* . . . . . . . . | 3,18 | 12,94 |
| *Baveno* . . . . . . . . . . | 3,21 | 12,64 |
| *Sibirien* . . . . . . . . . . | 2,84 | 11,54 |
| *Martersberg* bei *Marienberg* . . | 3,06 | 13,27 |
| *Fürstenstollen* bei *Freiberg* . . | 3,12 | 12,89 |
| *Mulde* bei *Freiberg* . . . . . . | 2,77 | 11,42 |
| *Auerberg* am *Harz*, durch Verwitterung schon etwas angegriffen und ziemlich weich . . . . | 3,17 | 13,76 |
| Mittel, nach Ausschlufs des Feldspaths von *Sibirien* und von *Mulde*, welche gewifs keine ächten Orthoklase sind . . . . . . | 3,15 | 13,10 |

Albit.

| | | |
|---|---|---|
| *Zöblitz* . . . . . . . . . . | 2,98 | 11,88 |
| *Miask* im Grünstein . . . . . | 2,93 | 11,89 |
| *Brevig* in *Norwegen* . . . . . | 3,09 | 12,24 |
| *Pantellaria* . . . . . . . . . | 3,45 | 14,28 |
| *Pensylvanien*, ein albitähnliches Mineral . . . . . . . . . | 3,27 | 12,41 |
| *Schreibershau* im *Riesengebirge* . | 2,90 | 11,86 |
| *St. Gotthardt* . . . . . . . . | 3,27 | 12,72 |
| *Snarum* in *Norwegen* . . . . . . | 3,59 | 13,90 |
| Mittel aus diesen Analysen . . . | 3,18 | 12,65 |

Oligoklas.

| | Sauerst. der Thonerde | Sauerst. der Kieselsäure. |
|---|---|---|
| *Danvikzoll* bei *Stockholm* . . . | 4,91 | 14,51 |
| *Ytterby* . . . . . . . . . . . | 4,36 | 12,53 |
| *Arendal* . . . . . . . . . . . | 3,88 | 11,86 |
| *Ajatskaja* nördlich von *Catharinenburg* . . . . . . . . . . . | 3,54 | 12,19 |
| *Arendal* von Pistazit begleitet . . | 4,99 | 14,60 |
| *Schaitansk* im *Ural* . . . . . | 4,66 | 14,96 |
| *Warmbrunn* in *Schlesien* . . . | 4,75 | 14,25 |
| *Kimito* in *Finnland* . . . . . | 2,91 | 9,69 |
| *Flensburg* in *Schleswig-Holstein* . | 4,58 | 14,45 |
| *Tvedestrand* in *Norwegen* (Sonnenstein) . . . . . . . . . . | 4,63 | 13,26 |
| *Fürstenstollen* bei *Freiberg* . . . | 4,83 | 14,40 |
| *Marienbad* in *Böhmen* . . . . | 4,82 | 14,39 |
| *Teneriffa* . . . . . . . . . . | 3,73 | 11,72 |
| *Hammond* in *New-York* . . . . | 3,44 | 11,94 |
| *Boden* bei *Marienberg* . . . . | 3,59 | 10,90 |
| *Montblanc* aus dem Protogyn . . | 5,18 | 15,20 |
| Mittel, nach Ausschlufs des Feldspaths von *Kimito* und vom *Montblanc*, welche in ihrer Zusammensetzung von den übrigen Oligoklasen so sehr abweichen, dafs sie nicht zu denselben gezählt werden können . . . . . . | 4,34 | 13,28 |

Bezeichnet k die Menge des Kali und n die Menge des Natron in einem Hornblendegesteine: so ist

der Sauerstoff des Kali = 0,16982 k und

„ „ „ Natron = 0,25659 n *)

*) Die stöchiometrischem Werthe sind den Atomgewichts-Tabellen des Lehrbuches der Chemie von Berzelius, 5te Aufl., entnommen.

Da nun im Orthoklas der Sauerstoff der Thonerde das 3,15fache und der Sauerstoff der Kieselsäure das 13,1fache von dem der beiden Alkalien ist: so ist

der Sauerstoff der Thonerde $= (0{,}16982\,k + 0{,}25659\,n)\ 3{,}15$

„ „ „ Kieselsäure $= (0{,}16982\,k + 0{,}25659\,n)\ 13{,}1$

Multiplicirt man jenen Ausdruck mit $\frac{641{,}8}{300}$, und diesen mit $\frac{577{,}778}{300}$ so erhält man

Thonerde $= (0{,}16982\,k + 0{,}25659\,n)\ 6{,}73$

Kieselsäure $= (0{,}16982\,k + 0{,}25659\,n)\ 25{,}23$

Da im Albit der Sauerstoff der Thonerde das 3,18fache, und der Sauerstoff der Kieselsäure das 12,65fache von dem der beiden Alkalien ist: so erhält man, wenn man sogleich mit jenen beiden Brüchen multiplicirt,

Thonerde $= (0{,}16982\,k + 0{,}25659\,n)\ 6{,}80$

Kieselsäure $= (0{,}16982\,k + 0{,}25659\,n)\ 24{,}36$

Da endlich im Oligoklas der Sauerstoff der Thonerde das 4,34fache und der Sauerstoff der Kieselsäure das 13,28fache von dem der beiden Alkalien ist: so erhält man, wenn man sogleich mit jenen beiden Brüchen multiplicirt

Thonerde $= (0{,}16982\,k + 0{,}25659\,n)\ 9{,}28$

Kieselsäure $= (0{,}16982\,k + 0{,}25659\,n)\ 25{,}58$

Diese Formeln setzen uns in den Stand, aus der Menge des Sauerstoffs der Alkalien die Menge der Thonerde und Kieselsäure, welche diesen Feldspathen zugehören, zu bestimmen. Man sieht, die Werthe, welche man für die Thonerde und Kieselsäure erhält, je nachdem in den Hornblendegesteinen Orthoklas oder Albit oder Oligoklas enthalten ist, weichen nicht sehr von einander ab. Beträgt in diesen Gesteinen der Sauerstoff der Alkalien 1 Proc., welches 4—6 Proc. Alkalien voraussetzt: so findet sich als Minimum der Thonerde 6,73, als Maximum 9,28 Proc. und als Minimum der Kieselsäure 24,36, als Maximum 25,576 Proc. Also selbst dann, wenn auf mineralogischem Wege gar nicht ermittelt werden könnte, welcher oder welche von den genannten Feldspathen vorhanden sind: so würden die Fehler in der Bestimmung der Thonerde und der Kieselsäure, welche denselben zugehören,

doch nicht sehr viel mehr, als die Fehler in der chemischen Analyse betragen. Die Thonerde würde nämlich höchstens um 2,55 Proc. und die Kieselsäure nur um 1,21 Proc. zu hoch oder zu niedrig bestimmt werden. Aber selbst diese Fehler könnten nur dann begangen werden, wenn nur Oligoklas vorhanden wäre, und die Rechnung nach den Formeln für Orthoklas oder Albit geführt, oder wenn diese beiden vorhanden wären, und die Rechnung für jenen geführt würde. Eine solche Verwechselung kann jedoch nicht wohl stattfinden; denn das relative Verhältnifs zwischen Kali und Natron läfst erkennen, ob Kalifeldspath (Orthoklas) oder Natronfeldspathe (Albit oder Oligoklas) vorherrschend sind.

In den oben zusammengestellten Analysen der Orthoklase beträgt das Minimum von Natron 0,01 und das Maximum 0,13 vom Kali *). Steigt daher das Natron in einem Hornblendegestein über dieses Maximum, so mufs man, neben Orthoklas, Albit oder Oligoklas vermuthen.

In den Analysen der Albite beträgt das Minimum des Kali 0,05 und das Maximum 1,1 **) vom Natron. Steigt daher das Kali in einem Hornblendegesteine über dieses Maximum, so ist, neben Albit, Orthoklas zu vermuthen.

In den Analysen der Oligoklase beträgt das Minimum des Kali 0,04 und das Maximum 0,52 vom Natron. Steigt daher das Kali in einem Hornblendegesteine über dieses Maximum, so ist, neben Oligoklas, Orthoklas zu vermuthen.

Da in den Albiten, wie in den Oligoklasen, wenn man in jenen das isolirt dastehende Maximum ausschliefst, Minima und Maxima einander sehr nahe kommen: so ist auf chemi-

*) Die beiden Feldspathe von *Sibirien* und von *Mulde* wurden, wie oben, ausgeschlossen. Ihr bis zu 0,2—0,3 vom Kaligehalt steigender Natrongehalt zeigt gleichfalls, dafs sie keine ächten Orthoklase sind.

**) Ein so bedeutender Kaligehalt ist nur einmal, im Albit vom *St. Gotthardt*, aufgefunden worden. Wir müssen daher der Vermuthung von Rammelsberg, dafs derselbe vielleicht ein Gemeng von Orthoklas und Albit sei, beistimmen. Dem gemäfs wäre das Maximum des Kali nur 0,3 vom Natron, und es würde also ein Kaligehalt, welcher dieses Verhältnifs überträfe, schon, neben Albit, Orthoklas vermuthen lassen.

schem Wege nicht zu entscheiden, ob Albit oder Oligoklas zu vermuthen ist.

Die Anwendung dieser Formeln zur Bestimmung der, diesen Feldspathen zugehörenden Thonerde und Kieselsäure setzt voraus, dafs die Alkalien und besonders ihr relatives Verhältnifs in den krystallinischen Gesteinen so genau, als nur immer möglich, bestimmt werden: eine Aufgabe, die allerdings nicht zu den leichtesten in der analytischen Chemie gehört, aber doch mit Sorgfalt und Umsicht zu lösen ist.

Ein schon früher (S. 830 und 831) besprochener Umstand darf nicht unbeachtet bleiben. Auch die Hornblendegesteine enthalten, wie wir später sehen werden, Hydratwasser. Ist dieses an zersetzten Feldspath gebunden; ist also Kaolin vorhanden: so ist das Sauerstoff-Verhältnifs zwischen den Alkalien, der Thonerde und der Kieselsäure nicht mehr das ursprüngliche. Da indefs der Wassergehalt in den Hornblendegesteinen meist nur sehr wenig beträgt: so kann eine bedeutende Zersetzung noch nicht eingetreten sein; der daraus entstehende Fehler ist daher von keinem Belang.

Die Kalkerde ist kein wesentlicher Bestandtheil des Orthoklas und des Albit. Kaum hat man aber bis jetzt einen ganz kalkfreien Albit gefunden. Die Menge der Kalkerde ist jedoch meist sehr gering und steigt nur selten bis auf 3,82 Proc. Ist mineralogisch nachgewiesen, dafs ein Hornblendegestein nur Orthoklas oder nur Albit enthält: so kann, ohne merklichen Fehler, die Kalkerde ganz der Hornblende zugetheilt werden. Orthoklas allein scheint aber nie in einem solchen Gesteine, sondern stets mit einem andern Feldspathe vorzukommen.

Im Oligoklas ist die Kalkerde stets ein wesentlicher Bestandtheil. Nach den obigen Analysen der Oligoklase ist das Minimum derselben 0,03, das Maximum 0,5 und das Mittel 0,27 vom Natron. Wenn also in einem Hornblendegesteine blofs Oligoklas und 5 Proc. Alkalien enthalten wären: so würden für denselben doch nur 1,35 Proc. Kalkerde abzuziehen sein.

Da, nach S. 856, in den thonerdehaltigen Hornblenden der Kalkerdegehalt meist viel geringer als der Magnesiagehalt ist, selten diesem gleich kommt: so wird in einem Horn-

blendegesteine, dessen Feldspathe Kalkerde und Magnesia nicht enthalten, dasselbe Verhältnifs dieser Erden, wie in den Hornblenden statt finden. In den von mir analysirten Hornblendegesteinen beträgt aber die Magnesia stets viel weniger, als die Kalkerde. Daher müssen diese Gesteine entweder kalkreiche Feldspathe oder andere Mineralien, wie Augit enthalten, in denen die Kalkerde mehr, als die Magnesia beträgt. Jener Fall, die Gegenwart kalkreicher Feldspathe, scheint der gewöhnliche zu sein; denn nach Delesse enthält der Feldspath im Kugeldiorit von *Corsica* eine ungewöhnliche Menge Kalkerde (12 Proc.) und der Oligoklas im Syenit der *Vogesen* gehört zu den kalkreichsten. Dagegen entspricht das Verhältnifs der Kalkerde zur Magnesia in den Hornblenden dieser beiden Hornblendegesteine der allgemeinen Regel, dafs die Magnesia viel mehr, als die Kalkerde beträgt.

Diese Verhältnisse gelten für alle Hornblendegesteine, in welchen, wie in den von mir analysirten, die Kalkerde die Magnesia überwiegt. Es ist mithin keinem Zweifel unterworfen, dafs es eine Classe von Hornblendegesteinen giebt, in denen die Feldspathe sehr reich an Kalkerde sind. Nehmen wir die bisherigen Analysen dieser Gesteine für maafsgebend, so müssen wir sogar vermuthen, dafs in ihnen häufig, wenn nicht durchgängig, solche kalkreiche Feldspathe vorkommen.

Ist nach den Formeln für den Orthoklas, Albit und Oligoklas die Menge der Kieselsäure und der Thonerde bestimmt und vom Ganzen subtrahirt worden: so hat man zu ermitteln, ob die Kieselsäure im Reste der Zusammensetzung einer Hornblende entspricht, oder ob sie im Ueberschusse vorhanden ist. Unter den oben (S. 852 ff.) aufgeführten Hornblenden steigt, wenn man N. 10 und 13 ausschliefst (S. 854), die Menge des Sauerstoffs der Kieselsäure und der Thonerde in No. 20 bis zum 2,5fachen vom Sauerstoff der Basen und sinkt in 14 bis zum 2,1fachen herab. Da jedoch das 2,5fache nur einmal und das 2,1fache gleichfalls nur einmal vorkommt: so kann man wohl im Allgemeinen das 2,4fache als das Maximum und das 2,2fache als das Minimum nehmen. Steigt daher in jenem Reste dieses Sauerstoffverhältnifs über dieses Maximum: so ist entschieden freie Kieselsäure im Gesteine vorhanden. Fällt

aber dieses Sauerstoffverhältnifs zwischen jenes Maximum und Minimum: so ist es unbestimmt, ob sie gegenwärtig ist.

Die ersten Analysen von Hornblendegesteinen verdanken wir den eifrigen Bemühungen von Delesse *), durch chemische Untersuchungen die Gemengtheile von Gebirgsarten zu erforschen. Eine Reihe solcher Analysen unternahm auch ich.

### Kugeldiorit (Diorite orbiculaire.)

Ein schönes Gestein, welches bei *Tallano*, *Otta* und an verschiedenen anderen Puncten in den Umgebungen von *Ajaccio* auf *Corsica* vorkommt, und hauptsächlich aus Feldspath und Hornblende besteht, welche Sphäroide in concentrischen und alternirenden Schichten bilden. Die centrale Parthie dieser Sphäroiden, welche sich in einer dioritischen Grundmasse gewöhnlich von mittlerem Korn befindet, hat oft eine granitische Structur; bisweilen ist sie jedoch grobkörnig, wie bei *Capitello*.

Der Feldspath von 2,737 specif. Gew., hat manchmal die Form des Albit, meist erscheint er aber in sehr dünnen krystallinischen Lamellen. Er widersteht ziemlich der Verwitterung, wie diefs in den aus Hornblende und Feldspath gebildeten Gesteinen meist der Fall ist.

Die mehr oder weniger dunkelgrüne Hornblende von 3,08 specif. Gew., bildet gewöhnlich kleine krystallinische Lamellen. Wird sie blasser, so ist sie faserig und weniger glänzend (wahrscheinlich eine beginnende Umwandlung in Asbest). Sie ist von Glimmerblättchen durchzogen, wovon sie kaum zu befreien ist.

Die Analyse beider Gemengtheile lieferte folgende Resultate:

---

*) Sur la diorite orbiculaire de Corse. Annal. de chim. etc. de phys. série III t. XXIV und Mémoire sur la constitution mineralogique et chimique des roches des Vosges. Mémoires de la Soc. d'émulation du Doubs.

| | Feldspath. | Sauerst. | Hornblende. | Sauerst. |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . | 48,62 | 25,26 | 47,88 | 24,86 |
| Thonerde . . . . | 34,66 | 16,19 | 8,23 | 3,85 |
| Chromoxyd . . . | — | | 0,50 *) | 0,16 |
| Eisenoxydul . . . | 0,66 | 4,97 | 16,15 | 3,58 |
| Manganoxydul . . | — | | Spuren | |
| Kalkerde . . . . | 12,02 | | 7,05 | 2,00 |
| Magnesia . . . . | 0,33 | | 18,40 | 7,13 |
| Kali . . . . . . | 1,06 | | 0,14 | 0,02 |
| Natron . . . . . | 2,55 | | 0,65 | 0,17 |
| Wasser . . . . | 0,49 | u. Flufss. | 1,00 | |
| | 100,39 | 21,16 | 100,00 | 16,91 |

Diesen Feldspath hält Delesse für eine Varietät der von ihm Vosgit genannten Species. Die Hornblende stimmt mit der Zusammensetzung der thonerdehaltigen Hornblenden überein (S. 853.); sehr ähnlich ist sie der Hornblende aus dem Diorit von *Kaltajuva* im *Ural.*

In manchen nicht kugelförmigen Varietäten dieses Diorits wird die Hornblende und der Glimmer sehr frequent. Die Gegenwart des später als die Hornblende gebildeten Eisenkieses und Magneteisens zeigt übrigens, dafs er schon Umwandlungsprocessen ausgesetzt war. Quarz erscheint in ihm ziemlich gleichförmig verbreitet, besonders in den grobkörnigen Abänderungen; aber nur in geringen Mengen.

Delesse fand das specif. Gew. des gepülverten Kugeldiorits = 2,768 und berechnete hieraus, dafs derselbe 90 Proc. Feldspath und 10 Proc. Hornblende enthält. Paufert fand in einem anderen Kugeldiorit 48,05 Proc. Kieselsäure und 11,04 Proc. Kalk, woraus sich 80 Proc. Feldspath und 20 Proc. Hornblende ergeben. Dieser Kieselsäuregehalt, verglichen mit dem des Feldspaths und der Hornblende, zeigt,

*) Delesse fand auch in den Hornblenden einiger Gesteine der *Vogesen* Chromoxyd, aber immer nur in sehr geringer Menge.

dafs das Gestein keine merkliche Menge Quarz enthalten kann.

Berechnen wir daraus die Zusammensetzung dieser Diorite als ein Ganzes: so erhalten wir

| | Diorit. | |
|---|---|---|
| Feldspath . . . | 90 | 80 |
| Hornblende . . | 10 | 20 |
| Kieselsäure . . | 48,55 | 48,47 |
| Thonerde . . . | 32,02 | 29,37 |
| Chromoxyd . . | 0,05 | 0,10 |
| Eisenoxydul . . | 2,21 | 3,76 |
| Kalkerde . . . | 11,52 | 11,03 |
| Magnesia . . . | 2,14 | 3,94 |
| Kali . . . . . | 0,97 | 0,88 |
| Natron . . . . | 2,36 | 2,17 |
| | 99,82 | 99,72 |

Diese Zusammensetzungen dienen zur Vergleichung mit anderen Dioriten, die keine gesonderte Analyse des Feldspaths und der Hornblende zulassen.

Der Feldspath dieses Kugeldiorits scheint entweder Anorthit oder eine Varietät desselben zu sein, wie sich aus den nachfolgenden Analysen dieses Minerals ergiebt.

| | I. | II. | III. | IV. | V. |
|---|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure | 44,49 | 44,12 | 43,79 | 47,63 | 48,75 |
| Thonerde . | 34,46 | 35,12 | 35,49 | 32,52 | 30,59 |
| Eisenoxyd | 0,74 | 0,70 | 0,57 | 2,01 | 1,50 |
| Kalkerde . | 15,68 | 19,02 | 18,93 | 17,05 | 17,22 |
| Magnesia | 5,26 | 0,56 | 0,34 | 1,30 | 0,97 |
| Kali . . . | 2 | 0,25 | 0,54 | 1,09 | 1,13 |
| Natron . . | | 0,27 | 0,68 | 0,29 | 0,62 |
| | 102,63 | 100,04 | 100,34 | 101,89 | 100,78 |

I. Von der *Somma*. G. Rose *). II. und III. Desglei-

*) Gilbert's Ann. Bd. LXXIII. S. 199.

chen. Abich *). IV. Von *Selfjall* auf *Island*. Forchhammer **). V. Aus Lava vom *Hekla*. Genth ***).

Man sieht, wie in den vier letzten Analysen mit abnehmender Kalkerde die Magnesia und die Alkalien zunehmen. Es ist also wohl denkbar, dafs die Kalkerde in noch gröfserer Menge von den Alkalien vertreten und so die Mischung des Feldspaths im Kugeldiorit erreicht werden könne. Sollte der in IV. und V. hervortretende Kieselsäuregehalt von einer schon begonnenen Veränderung in Folge einer theilweisen Ausscheidung der Basen herrühren? — Von einem an Kalkerde so reichen Feldspath, wie der Anorthit, ist eine leichte Zersetzbarkeit zu erwarten. Er ist auch bisweilen undurchsichtig, schillert mit Perlmutterglanz und hat einen dünnen weifsen Anflug: ohne Zweifel Folgen einer schon eingetretenen Zersetzung.

Weil der Anorthit in Laven, in vulkanischem Tuff an der *Somma* u. s. w. vorkommt, so könnte dieser Feldspath, wenn man unsere oft wiederholten Bemerkungen, dafs keineswegs Alles, was sich in vulkanischen Producten findet, ein Erzeugnifs des Feuers ist, übersehen haben sollte, für eine unzweifelhafte Bildung auf feuerflüssigem Wege gehalten werden. Das Vorkommen eines solchen Feldspaths in Hornblendegesteinen könnte dann leicht zu Gunsten einer Bildung derselben auf demselben Wege gedeutet werden. Daher die Bemerkung, dafs sich der Anorthit an der *Somma* entweder in Drusenräumen des Dolomit, oder mit Augit und Glimmer in Weitungen dieses Gesteins findet. Was von der Bildung des Mejonit (Bd. I. S. 406), das gilt auch von der des Anorthit: beide sind sich auch in ihrer Zusammensetzung sehr ähnlich. Diese Mineralien in den Drusenräumen des Gesteins von der *Somma*, wie sie sich in der Königl. Mineralien-Sammlung zu *Berlin* sehr ausgezeichnet finden, tragen so ganz das Gepräge der Einschlüsse in Mandelsteinen, dafs man nicht entfernt an eine vulkanische Bildung denken kann. Die Drusenräume sind stets nur zum Theil erfüllt. Die erste Bildung ist eine grün-

---

*) Poggend. Ann. Bd. LI. S. 519.

**) Journ. f. pr. Chem. Bd. XXX. S. 385.

***) Ann. d. Chem. u. Pharm. Bd. LXVI. S. 18.

lich braune Rinde, ähnlich den kieseligen Rinden in den Drusenräumen der Mandelsteine. Darauf folgt nach innen Augit und dann Anorthit oder Mejonit; nie kommen beide zusammen vor. In einer Stufe fand ich auch Augit auf Mejonit, der ohne Zweifel wie dieser ein Infiltrationsproduct ist.

Auf *Island* kommt, nach Forchhammer, der Anorthit nach allen Seiten auskrystallisirt in einem schwarzbraunen Tuff vor. Da die Tuffe sedimentäre Bildungen sind, wenn auch ihr Material von Vulkanen ausgeworfen worden: so wird Niemand annehmen wollen, dafs wohl ausgebildete und unveränderte Anorthitkrystalle in ihnen herbeigeschwemmt worden seien. Eine spätere Bildung derselben auf nassem Wege kann daher ebenso wenig, wie beim Anorthit im Dolomit, bezweifelt werden. Dasselbe dürfte auch von den sehr schönen und nach allen Seiten auskrystallisirten Augiten, die sich gleichfalls in jenem Tuff finden, gelten. Endlich findet sich der von Genth analysirte Anorthit in einer älteren Lava vom *Hekla*. Eine lange Zeit war also für eine spätere Bildung dieses Feldspaths gegeben.

Wenn nun zu Gunsten einer vulkanischen Bildung des Anorthit wenig angeführt werden kann: so ist es auf der andern Seite eine Sache von hoher Bedeutung, dafs Kalksilicate haltende Mineralien, wie dieser Feldspath, Mejonit und selbst Augit nicht blofs im Dolomit und körnigem Kalke, sondern auch in Tuffen und in Lava auf nassem Wege entstehen können. Da der kohlensaure Kalk den eindringenden Gewässern ihre freie Kohlensäure entzieht, so können sie Kalksilicate, wenn sie dieselben enthalten, unzersetzt absetzen, und weil nur kohlensäurefreie Gewässer eindringen, so conserviren sich auch die gebildeten Kalksilicate. Davon war schon mehrmals die Rede.

Solche Betrachtungen und solche Thatsachen erweitern immer mehr das Gebiet der neptunischen Bildungen und beschränken eben defshalb immer mehr das der Feuerproducte.

Ein Feldspath, dem von Delesse analysirten aus dem Kugeldiorit und mithin auch dem Anorthit sehr ähnlich, wurde schon von Klaproth *) untersucht, und Felsit benannt. Er

*) Beiträge. Bd. VI. S. 259.

kommt im Grünsteinschiefer (Hornblendeschiefer) von *Siebenlehn* im *sächsischen Erzgebirge* mit nur stellenweise eingemengter grünlicher Hornblende vor. Seine Zusammensetzung ist

| | |
|---|---|
| Kieselsäure . . . . | 51,00 |
| Thonerde . . . . | 30,50 |
| Eisenoxyd . . . . . | 1,75 |
| Kalkerde . . . . . | 11,25 |
| Natron . . . . . . | 4,00 |
| Wasser . . . . . | 1,25 |
| | 99,75 |

Der Wassergehalt zeigt, dafs das Mineral schon etwas verändert war; also seine ursprüngliche Mischung nicht mehr bewahrte. Eine Wiederholung der Analyse wird unzweifelhaft Kali neben Natron finden lassen.

Bei *Pont-Jean* in der Nähe von *St. Maurice* in den *Vogesen*, findet sich ein Diorit, dessen Hornblende sehr fasrig ist, und dessen Feldspath krystallinische, weifsgrünliche, schwierig spaltbare Blättchen von Fettglanz bildet. Ausserdem kommt in ihm noch eine grüne, nicht krystallinische Masse von chloritischer Natur vor. Nach Delesse *) sind diese beiden Gemengtheile zusammengesetzt wie folgt:

| | Feldspath | Hornblende |
|---|---|---|
| Kieselsäure . | 53,05 | 50,04 |
| Thonerde . . | 28,66 | 8,95 |
| Chromoxyd . | — | 0,24 |
| Eisenoxydul . | 0,90 | 9,59 |
| Manganoxydul | Spur | 0,20 |
| Kalkerde . . | 6,37 | 11,48 |
| Magnesia . . | 1,51 | 18,02 |
| Kali . . . . | 2,80 | 0,08 |
| Natron . . . | 4,12 | 0,81 |
| Glüheverlust . | 2,40 | 0,59 |
| | 99,81 | 100,00 |

*) Comptes rend. T. XXX. P. 176.

Dieser Feldspath kommt dem im Melaphyr von *Belfahy* (S. 642) in der Zusammensetzung sehr nahe, und Delesse hält ihn daher für Labrador oder für eine Varietät desselben. Dafs er sich jedoch schon in einem sehr veränderten Zustande befindet, zeigt sein bedeutender Glüheverlust, und seine schwierige Spaltbarkeit; denn da mit gänzlicher Umwandlung des Feldspaths in Kaolin die Spaltbarkeit völlig verloren geht: so wird sie schon bei der ersten beginnenden Veränderung abnehmen. Die chloritische Masse ist höchst wahrscheinlich ein Zersetzungsproduct der Hornblende.

Der vorliegende Diorit scheint ein Beispiel des Zusammenvorkommens von Labrador und Hornblende darzubieten. Wenn aber auch die Mischung des obigen Feldspaths sich der des Labradors sehr nähert: so zeigen doch G. Rose's Untersuchungen *), dafs eine Verwechslung mit Oligoklas möglich ist. Der Feldspath aus dem Gesteine von *Tyfholm's Udden* (S. 642), den Delesse für Labrador genommen hat, ist davon krystallographisch verschieden. Da er mit feinschuppigem Glimmer stark gemengt ist, so konnte die Analyse von Delesse keine genauen Resultate geben. Svanberg's Analyse der Feldspathkrystalle aus dem Rhombenporphyr des südlichen *Norwegen's* (*A*) und Kern's Analyse der Feldspathkrystalle aus einer Syenitvarietät in der Nähe von *Laurvig* (*B*) geben abweichende Resultate:

| | *A.* | Sauerst. | *B.* | Sauerst. |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . | 59,76 | 31,03 | 62,89 | 32,68 |
| Thonerde . . | 19,60 | 10,03 | 21,24 | 10,24 |
| Eisenoxyd . . | 2,89 | | 1,12 | |
| Kalkerde . . | 4,37 | 3,87 | 1,64 | 3,34 |
| Magnesia . . | 1,04 | | 0,97 | |
| Kali . . . . | 2,76 | | 5,75 | |
| Natron . . . | 6,86 | | 6,11 | |
| Wasser . . . | 1,00 | | | |
| | 98,28 | 13,90 | 99,72 | 13,58 |

*) Zeitschrift d. deutsch. geol. Gesellsch. 1849. Bd. I. S. 378 ff.

Schon in *A* stellt sich das Verhältnifs des Sauerstoffs der Kieselsäure zu dem der Basen viel höher heraus, als im Feldspathe von *Tyfholm*, noch mehr aber in *B*, der fast genau der Zusammensetzung des Oligoklas entspricht. G. Rose vermuthet daher, dafs *B* am reinsten war, und dafs, wenn man diese Feldspathe von allen Beimengungen befreien könnte, die Mischung des Oligoklas ganz erreicht werden würde. Es ist indefs zu bemerken, dafs nicht blofs Beimengungen, sondern auch der mehr oder weniger zersetzte Zustand des Feldspaths die Kieselsäure vermindert; denn je mehr sich dieser in Kaolin umwandelt, desto mehr mufs die Kieselsäure abnehmen. Die Kaolinbildung steht aber in geradem Verhältnisse mit der Aufnahme von Wasser; je mehr daher das Wasser im Feldspath beträgt, desto geringer ist die Menge der Kieselsäure. *A* enthält noch 1 Proc. Wasser, *B* aber keins; jener Feldspath mufs daher weniger Kieselsäure als dieser enthalten.

Hieraus ergiebt sich ganz allgemein, dafs man einen Feldspath, wenn aus seiner Analyse die Species, zu welcher er gehört, ermittelt werden soll, nie einer Species, die weniger Kieselsäure, sondern einer solchen zuzutheilen hat, welche mehr Kieselsäure enthält, als die Analyse ergeben hat. Keine Veränderung oder Zersetzung des Feldspaths kann nämlich eine Zunahme der Kieselsäure veranlassen, und nur in dem Falle, dafs, wie etwa im Schriftgranit, dem Feldspathe Quarz beigemengt ist, kann eine grössere Menge Kieselsäure gefunden werden, als dem Feldspathe entspricht. Solcher beigemengter Quarz ist aber mineralogisch zu erkennen. Man sieht hieraus, wie wichtig die genaue Bestimmung des Wassergehaltes der Mineralien und namentlich der Feldspathe ist.

G. Rose's Bemerkungen erhalten noch von einer andern Seite her Bestätigung. Die Analysen der mineralogisch bestimmten Labradore zeigen, dafs der Kalkgehalt meist 12 Proc. beträgt, und nur selten auf 9,5 herabkommt, und dafs der Thonerdegehalt zwischen 28 und 30 Procent schwankt. Aber nicht blofs im Feldspathe aus dem Rhombenporphyr, sondern auch in dem von Delesse analysirten aus Melaphyren (S. 642. I. *a*, V. *a*, *b*, und VI. *a*.) sind diese beiden Er-

den in geringerer und die Kalkerde in einigen in viel geringerer Menge vorhanden. Kommt auch die Thonerde nicht auf die 23 Proc. im Oligoklas herab: so ist nicht zu übersehen, dafs eine Verminderung der Kieselsäure eine relative Vermehrung der Thonerde nach sich zieht. Dafs jene Feldspathe wirklich schon Kieselsäure verloren haben, beweisen ihr bis auf 2,5 Proc. steigender Wassergehalt und die Anwesenheit des Quarzes im Gesteine (S. 651). Sonach möchte es sogar etwas zweifelhaft werden, ob die von Delesse analysirten und den Melaphyren zugetheilten Gesteine (S. 641) wirklich demselben zugetheilt werden können. Um so zweifelhafter wird es, da dieser Chemiker den mit dem Feldspathe innig gemengten dunkelgrünen Gemengtheil nicht für Augit, sondern für Hornblende hält (S. 644).

Da nach Bd. I. S. 816 das Kaolin 0,1374 Wasser enthält, so ist, wenn $a$ die Menge des Wassers in einem gegebenen Feldspathe bezeichnet, die Menge des beigemengten Kaolins $\frac{a}{0,1374}$. Da ferner das Kaolin 0,4703 Kieselsäure enthält, so ist deren Menge in jenem Kaolin $\frac{0,4703}{0,1347}\ a = 3,423\ a$. Da endlich der Orthoklas 0,6521 Kieselsäure enthält, so war deren Menge im Orthoklas, vor seiner Umwandlung in Kaolin, nahe $\frac{0,6521}{0,1374}\ a = 4,746\ a$. Die Menge der Kieselsäure, welche aus einem theilweise in Kaolin umgewandelten Orthoklas fortgeführt worden, beträgt daher

$$(4,746 - 3,423)\ a = 1,323\ a.$$

Finden dieselben Verhältnisse bei der Umwandlung des Oligoklas in Kaolin statt, so würde einem Wassergehalte von 2,51 Proc. in einem, theilweise in Kaolin umgewandelten Oligoklas, wie im Feldspathe V. *a*. S. 642, ein Kieselsäure-Verlust von 1,323 . 2,51 = 3,32 Proc. entsprechen. Der ursprüngliche Kieselsäuregehalt in diesem Feldspathe würde daher 56,52 Proc. gewesen sein: eine Menge, welche freilich noch immer geringer, als im Oligoklas, aber auch gröfser, als im Labrador ist.

Man sieht, diefs ist der einzige chemische Weg, um zu entscheiden, zu welcher Species ein veränderter Feldspath ge-

hört, wenn nur erst durch eine sorgfältige Untersuchung das Verhältnifs zwischen der aus jeder Feldspath-Species fortgeführten Kieselsäure und dem aufgenommenen Wasser ermittelt wird. Diese Untersuchung wird, wenn das aus jeder Feldspath-Species hervorgegangene Kaolin eine Verbindung nach bestimmten Mischungsverhältnissen ist, wie es das Kaolin nach Orthoklas zu sein scheint, zu bestimmten Resultaten führen. Es ist daher sehr zu wünschen, dafs eine solche Untersuchung einen analytischen Chemiker finden möge, der eine grofse Zahl von Analysen nicht scheuet. Nach solchen Vorarbeiten dürfte die chemische Analyse eine noch höhere Bedeutung für die Bestimmung der Gemengtheile der krystallinischen Gebirgsarten erlangen.

Wir haben schon wiederholt bemerkt, dafs nur die in der Hornblende vorwaltende Magnesia und die im Augit vorwaltende Kalkerde (S. 856) ein chemisches Unterscheidungsmittel beider Mineralien an die Hand geben. Wir müssen aber daran erinnern, dafs eine der Hauptrichtungen, welche der Augit in seinen Veränderungen nimmt, in einer Verminderung der Kalkerde und in einer relativen oder absoluten Zunahme der Magnesia besteht. (S. 829) In einem Gesteine, wie im Melaphyr, das so sehr der Veränderung und Zersetzung unterworfen ist, und in welchem der Feldspath schon sehr kaolinisirt sein kann, ohne dafs es als ein zersetztes erscheint, kann die Kalkerde des Augits so weit abgenommen und die Magnesia so weit zugenommen haben, dafs sich die Mischung der der Hornblende nähert, oder diese auch ganz erreicht. Die mit Sorgfalt und Umsicht ausgeführte chemische Analyse eines solchen Melaphyrs kann daher zu Resultaten führen, welche mehr für die Gegenwart der Hornblende, als für die des Augits in der Grundmasse sprechen.

Vergleicht man die Analyse der Grundmasse des Melaphyrs von *Belfahy* (S. 641. I.) mit der des Feldspaths aus diesem Gesteine (S. 642. I. *a.*): so wird es sehr wahrscheinlich, dafs nicht Augit, sondern Hornblende in derselben vorhanden ist. Da nämlich der Feldspath 71 Proc. vom Gesteine ausmacht (S. 643): so nimmt er von der Kalkerde in der Grundmasse sogar noch 0,31 Proc. mehr in Anspruch, als in

derselben vorhanden ist *); dagegen bleibt die ganze Menge Magnesia für den andern Gemengtheil übrig. Noch nie hat man aber in einem Augit Magnesia ohne Kalkerde gefunden, und so werden wir auch durch diese Schlüsse ebenso wie oben (S. 645) auf die Gegenwart der Hornblende in der Grundmasse geführt. Ob dieses, der Hornblende entsprechende Verhältnifs schon ursprünglich vorhanden war, oder ob es erst im Laufe der Zeit durch Abnahme der Kalkerde und Zunahme der Magnesia eingetreten ist, d. h. ob schon ursprünglich in der Grundmasse Hornblende existirt hatte, oder ob dieselbe erst durch eine theilweise Zersetzung aus Augit entstanden ist, läfst sich natürlich nicht entscheiden. Zu denselben Resultaten kommt man, wenn man die Grundmasse des Gesteins von *Tyfholm* (S. 641. VI.) mit dem Feldspathe aus demselben (S. 641. VI. *a.*) vergleicht. Die 82 Proc. Feldspath in diesem Gesteine nehmen nämlich von der Kalkerde in der Grundmasse sogar noch 0,9 Proc. mehr in Anspruch, als vorhanden ist *), von der Magnesia bleiben dagegen 2,89 Proc. übrig. Auch hier kommen wir daher auf einen Augit, der Magnesia, aber keine Kalkerde enthalten würde.

Wenn nun in dem Gesteine von *Tyfholm's Udden*, nach G. Rose, kein Labrador und nach unsern Schlüssen kein Augit vorhanden ist: so ist es bestimmt nicht ein Melaphyr, sondern ein Hornblendegestein.

Diese Verhältnisse zeigen, was zu berücksichtigen ist, wenn durch die Analyse eines Gesteins bestimmt werden soll, ob es Hornblende oder Augit enthält, und wie schwierig in manchen Fällen die Unterscheidung werden kann.

---

*) Diefs rührt davon her, dafs aus der Feldspathgrundmasse mehr Kalkerde, als aus den Feldspathkrystallen fortgeführt worden ist.

## Eigenthümliche Feldspathe in Hornblendegesteinen.

| | I. | Sauerst. | II. | Sauerst. |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . | 58,41 | 30,27 | 56,72 | 29,46 |
| Thonerde . . | 25,23 | 11,78 | 26,52 | 12,38 |
| Eisenoxyd . . | — | — | 0,70 | 0,21 |
| Kalkerde . . | 6,54 | 1,84 | 9,38 | 2,63 |
| Magnesia . . | 0,41 | 0,16 | — | |
| Kali . . . . | — | | 0,80 | 0,13 |
| Natron . . . | 9,39 | 2,40 | 6,19 | 1,58 |
| | 99,98 | 16,18 | 100,31 | 16,93 |

| | III. | Sauerst. | IV. | Sauerst. |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . | 52,15 | 23,00 | 59,66 | 31,00 |
| Thonerde . . | 26,82 | 12,53 | 23,28 | 10,89 |
| Eisenoxyd . . | 1,29 | 0,38 | 1,18 | 0,35 |
| Kalkerde . . . | 9,14 | 2,57 | 5,17 | 1,47 |
| Magnesia . . . | 1,02 | 0,38 | 0,36 | 0,14 |
| Kali . . . . | 1,79 | 0,30 | 1,74 | 0,30 |
| Natron . . . | 4,64 | 1,18 | 5,61 | 1,44 |
| Glüheverlust . | 1,75 | | 1,02 | |
| | 98,60 | 17,34 | 98,02 | 14,59 |
| | | | Spec. Gew. = | 2,69 |

I. Nicht krystallisirter, schneeweifser Feldspath mit schwärzlichgrüner Hornblende in einem grofskörnigen Gemenge, worin er den bei weitem vorherrschenden Gemengtheil ausmacht, von *Baumgarten* in *Schlesien*. Varrentrapp *).

II. Krystallisirter, schneeweifser, durchscheinender Feld-

*) Poggend. Annal. Bd. LII. S. 473.

spath mit meist sehr kleinen grünlichschwarzen Hornblendekrystallen und einzelnen Quarzkörnern aus dem prächtigen Dioritporphyr von *Pisoje* bei *Popayan* in *Columbien.* Francis *).

III. Feldspath in erbsen- und haselnufsgrofsen Körnern in einem Hornblendegestein bei *Russgarden* in *Dalarne.* Svanberg **).

Wenn die nicht sehr vollkommenen Spaltungsflächen von I im Allgemeinen mit denen des Albit übereinstimmen, und wenn II im Allgemeinen ganz wie Albit aussieht: so mufs man gestehen, dafs ihre chemische Zusammensetzung mit der dieses Feldspaths auch nicht die mindeste Aehnlichkeit hat. Wären beide Mineralien veränderte Albite, so würden sie 11 bis 13 Proc. Kieselsäure verloren haben, und II könnte dann nicht stark durchscheinend und auf den Spaltungsflächen stark glänzend sein. Es läfst sich auch nicht einmal beurtheilen, ob diese Feldspathe in einem veränderten Zustande sich befinden, da der Glüheverlust vernachläfsigt ist. Eben so ist es zweifelhaft, dafs I gar kein Kali enthalten sollte. Zur Vergleichung haben wir unter IV die Analyse eines Kalkoligoklas (Hafnefjordit) aus einer Felsart in der Umgegend von *Sahla*, nach Svanberg ***), beigefügt, mit dessen Zusammensetzung die von I und II sehr nahe übereinstimmt. Der gröfsere Kalkgehalt in II kann nicht befremden, da in dem von Forchhammer †) analysirten Kalkoligoklas der Kalkgehalt auf 9 Proc. steigt. Es ist Schade, dafs jene Felsart nicht näher characterisirt ist; sollte sie ein Hornblendegestein sein, so würde man um so mehr Grund haben, den Kalkoligoklas auch in anderen Hornblendegesteinen zu vermuthen.

Obgleich III weniger mit IV übereinstimmt, so ist es doch nicht unwahrscheinlich, dafs auch dieser Feldspath ein Kalkoligoklas, welcher von seiner Kieselsäure verloren hat, sein möchte. Der bedeutende Glüheverlust zeigt den sehr

*) Ebendas. S. 470.

**) Berzelius Jahresb. Bd. XXIII. S. 285.

***) Ebendas. Bd. XXVII. S. 248.

†) Journ. f. pract. Chem. Bd. XXX. S. 389.

veränderten Zustand an. Labrador, wofür er ausgegeben, ist er gewifs nicht.

Es mufs den mineralogischen Untersuchungen überlassen bleiben, unsere Vermuthungen über die Natur dieser Feldspathe zu bestätigen, oder zu widerlegen.

## Syenite der Vogesen.

Nach den Untersuchungen von Delesse *) enthalten diese Syenite zwei Feldspathe, wovon der eine Orthoklas, welcher sich dadurch auszeichnet, dafs er gleiche Mengen Kali (6,47 Proc.) und Natron (6,44 Proc.) enthält, der andere von folgenden Zusammensetzungen ist:

| | Milchweifser vom *Ballon de Servance* | Sauerst. | Korallenrother von *Coravillers* | Sauerst. |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . | 58,92 | 30,61 | 58,91 | 30,61 |
| Thonerde . | 25,05 | 11,71 | 24,59 | 11,80 |
| Eisenoxyd . | Spur | | 0,99 | |
| Manganoxd . | Spur | | Spur | |
| Kalkerde . . | 5,64 | 3,65 | 4,01 | 3,65 |
| Magnesia . . | 0,41 | | 0,39 | |
| Kali . . . . | 2,06 | | 2,54 | |
| Natron . . . | 7,20 | | 7,59 | |
| Wasser . . | 1,27 | | 0,98 | |
| | 100,55 | | 100,00 | |
| Spec. Gew. . | 2,683 | | 2,651 | |

Da in diesem Feldspathe das Verhältnifs des Sauerstoffs der Bestandtheile nahe ist = 1 : 3 : 8, so hält ihn Delesse identisch mit Abich's Andesin **). G. Rose ***) bemerkt dagegen, dafs die Selbstständigkeit dieses nur ein-

*) Extrait des Mémoires de la Société d'émulation du Doubs.

**) Poggend. Annal. Bd. LI. S. 525.

***) Zeitschrift d. deutschen geol. Ges. Bd. I. S. 369.

mal analysirten Andesins keineswegs erwiesen sei, und dafs Francis *) den Feldspath aus dem Dioritporphyr von *Pisoje* (S. 918), der mit dem von Abich analysirten von *Marmato* so grofse Aehnlichkeit besitzt, anders (nahe wie 1 : 3 : 7) zusammengesetzt gefunden habe. Er glaubt daher jenen Feldspath für einen etwas zersetzten Oligoklas halten zu müssen, wofür auch der Wassergehalt spricht **).

Delesse bemerkt selbst, dafs diese Feldspathe ziemlich selten unverändert, meist milchweifs oder korallenroth und sogar gänzlich in Kaolin übergehend erscheinen. Es ist daher nicht zu bezweifeln, dafs den beiden analysirten Feldspathen gleichfalls schon etwas Kaolin beigemengt war, wie der Wassergehalt anzeigt, und dafs daher der Kieselsäuregehalt abgenommen hat. Es ist also wohl denkbar, dafs davon der, gegen alle bis jetzt analysirten Oligoklase, geringere Kieselsäuregehalt in jenen Feldspathen herrühre. Demnach können wir der Ansicht G. Rose's nur vollkommen beistimmen, dafs dieselben etwas zersetzte Oligoklase seien ***).

---

*) Poggend. Annal. Bd. LII. S. 471.

**) Nach Kersten's Analyse eines Feldspaths, den man bisweilen in dem feinkörnigen, sehr festen Hornblendegestein von der Kuppe des *Hamelikaberges* bei *Marienbad*, so wie auch in dem dichten hornblendereichen Gneifse aus einem Steinbruche zwischen dem *Kreutz*- und *Ferdinansbrunnen* antrifft, ist derselbe ein Oligoklas mit gleichem Gehalte an Kali und Natron. n. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1845. S. 653.

***) Man würde gewifs seltener Veranlassung finden, die Zahl der Feldspatharten zu vermehren, wenn man auf den Zustand des Minerals vor der Analyse genauer achtete. Dafs übrigens das äufsere Ansehen keineswegs immer entscheidet, ob das Mineral frisch oder schon etwas zersetzt ist, zeigen die zersetzten Stellen, welche man häufig im Innern unveränderter Feldspathe findet (S. 296). Die Analyse solcher Feldspathe liefert ein Resultat, welches einem Gemenge aus Feldspath und Kaolin entspricht. Dafs viele solcher Feldspathe schon analysirt worden sind, ist gewifs zu vermuthen; denn zeigten sie sich aufsen unverändert, und pülverte man sie, ohne sie vorher zu durchschlagen: so kam das Innere gar nicht zu Gesicht. In allen diesen Analysen mufsten Wasser und geringere Mengen von Kieselsäure gefunden werden, welches aber nicht vom Feldspathe,

Jener von Abich analysirte und von ihm Andesin benannte Feldspath, welcher in dem, in den *Cordilleren* so sehr verbreiteten und von v. Humboldt Andesit genannten Dioritporphyr vorkommt, stimmt in seiner Zusammensetzung so nahe mit dem Kalkoligoklas (S. 917. IV.) überein, als nur zwei identische Mineralien mit einander übereinstimmen können. Das spec. Gew. jenes Feldspaths = 2,7328 kommt auch dem dieses Kalkoligoklas sehr nahe, und noch näher dem von Forchhammer analysirten Kalkoligoklas, welches = 2,7296 ist. Das wirkliche Vorhandensein des Kalkoligoklas in einem Hornblendegestein ist mithin nicht zu bezweifeln, und es ist sehr wahrscheinlich, dafs das Gestein, in welchem sich jener Kalkoligoklas findet, gleichfalls ein Hornblendegestein sei.

Der Andesit von *Popayan* enthält, nach Abich, neben Kalkoligoklas Hornblende und Quarz, auch Spuren von Epidot und fein eingesprengtem Eisenkies. Das grofse specif. Gewicht dieses Hornblendegesteins = 3,5924, kann nur von einer bedeutenden Menge Eisenkies herrühren.

Die beiden von Delesse analysirten Feldspathe aus

---

sondern vom eingeschlossenen Kaolin herrührte. Es giebt in der That kein sichereres, aber leider von den Chemikern häufig vernachläfsigtes Kennzeichen einer schon eingetretenen Zersetzung, als diesen Wassergehalt. Delesse findet es merkwürdig, dafs die Feldspathe aus dem Syenit eine merkliche Menge Wasser enthalten. Er glaubt aber nicht, dafs es von einer Verwitterung herrühre; denn die Untersuchung eines getrockneten, nicht veränderten und gelblichgrünen Feldspaths gab 1,3 Proc. Da diese Menge sogar etwas mehr beträgt, als in den analysirten Feldspathen, welche schon eine anfangende Zersetzung zeigten: so mufs dieses Wasser ein chemisch gebundenes sein. Dafs es ein solches ist, bezweifeln wir nicht; es ist aber nicht an Feldspath, der ein wasserfreies Mineral ist, sondern an Kaolin, welches ein wasserhaltiges ist, gebunden. Wir können nicht zweifeln, dafs der unveränderte Feldspath, welcher 1,3 Proc. Wasser gab, nur äufserlich ein unveränderter war, nicht aber im Innern. Welchen Sinn es haben soll, ein solches Wasser in die chemische Formel des Feldspaths aufzunehmen, und seinen Sauerstoffgehalt zu dem der Basen zu fügen, können wir nicht einsehen.

dem Syenit geben, wenn man, wie oben (S. 899) die Sauerstoffquantitäten der Alkalien als Einheit setzt:

| | Sauerstoff der Thonerde | Sauerstoff der Kieselsäure. |
|---|---|---|
| 1. Oligoklas von *Servance* . | 5,34 | 13,97 |
| 2. „ „ *Coravillers* | 4,97 | 12,90 |

In ersterem findet sich allerdings für den Sauerstoff der Thonerde eine gröfsere Menge, als in irgend einem der oben (S. 901) aufgeführten Oligoklase; die übrigen Sauerstoffquantitäten entsprechen aber den dort gefundenen. Mehrere jener Oligoklase waren unzweifelhaft gleichfalls schon in einem veränderten Zustande. Bei der Analyse eines Syenits, in welchem die Oligoklase schon etwas verändert erscheinen, könnte man daher die oben berechneten Werthe für die Thonerde und Kieselsäure, nach der Analyse von Delesse, modificiren. Man würde dann erhalten:

1. Thonerde $= (0{,}16982\,k + 0{,}25659\,n)\ 11{,}42$
   Kieselsäure $= (0{,}16982\,k + 0{,}25659\,n)\ 26{,}91$

2. Thonerde $= (0{,}16982\,k + 0{,}25659\,n)\ 10{,}63$
   Kieselsäure $= (0{,}16982\,k + 0{,}25659\,n)\ 24{,}84$

Die Hornblendekrystalle in dem Syenit von *Servance* bestehen aus:

| | |
|---|---|
| Kieselsäure . . . | 47,40 |
| Thonerde . . . | 7,35 |
| Eisenoxydul . . . | 15,40 |
| Maganoxydul . . | Spur |
| Kalkerde . . . . | 10,83 |
| Magnesia . . . | 15,27 |
| Kali mit etwas Natron | 2,95 |
| Glüheverlust . . | 1,00 |
| | 100,20 |

Der Glüheverlust schwankt in verschiedenen Stücken zwischen einigen Tausendel und 1,49 Proc., und rührt wahrscheinlich von Wasser und von der Flufssäure des Glimmers

her, welcher sehr innig mit der Hornblende gemengt ist. Die beträchtliche Menge Alkalien hält Delesse für wesentliche Bestandtheile derselben.

Quarz ist in eben so grofser Menge als in vielen Graniten vorhanden; ausserdem Titanit, Magneteisen und Eisenkies, der die Hornblende zu begleiten scheint. Sehr häufig ist die Hornblende von schwärzlichgrünem Glimmer durchdrungen. Seine Gegenwart kann man durch Calcination sehr wohl constatiren, wodurch er eine tombackbraune Farbe annimmt. Epidot findet sich theils in Gängen, theils in ihrer Nähe und in Drusen, wo er von Quarz umgeben ist. In seltenen Fällen sind Gänge oder Adern mit Kalkspath erfüllt. Endlich finden sich noch Gänge von einigen Centimetern oder höchstens einigen Decimetern Mächtigkeit, manchmal mit ein wenig Epidot und vollkommen reinem Orthoklas, meist aber mit Quarz und Eisenglanz erfüllt.

Das relative Volumen, welches die drei Hauptgemengtheile im Syenit einnehmen, bestimmt Delesse approximativ durch ein sinnreiches Verfahren: er findet mindestens $\frac{1}{2}$ für Orthoklas, $\frac{1}{4}$ für Oligoklas und $\frac{1}{4}$ für Hornblende und hauptsächlich Quarz. Diese Verhältnisse variiren aber sehr, und bisweilen findet sich ziemlich viel Quarz, besonders im Syenit mit weifsem Oligoklas.

Der in letzterem Syenit in gröfserer Menge vorhandene Quarz zeigt, wohin die Kieselsäure gekommen ist, die im weifsen, mithin schon veränderten Oligoklas fehlt. Solche Beobachtungen von Männern, wie Delesse, haben einen um so gröfseren Werth, da dieser treffliche Naturforscher gewifs nicht sah, was er nur sehen wollte, sondern was wirklich zu sehen war.

Sehr viele Syenit-Varietäten wurden von ihm zur approximativen Ermittelung der Bildungs-Folge der Hauptgemengtheile, unabhängig von jeder theoretischen Vorstellung von ihrer Bildungsweise, untersucht. Der Orthoklas scheint sich zuerst und mit ihm nahe gleichzeitig die Hornblende, aber später der Oligoklas gebildet zu haben; denn oft sind sehr nette Hornblendekrystalle ganz von Oligoklas umgeben. Der Quarz erfüllt die von jenen Mineralien übrig gelassenen Zwischenräume und in ihm haben sich die Ecken und Kanten

jener Krystalle abgeformt, ohne dafs sie abgestumpft oder erweicht erscheinen; er begleitet die Oligoklaskrystalle und durchdringt sie oft. Die Hornblende, der Oligoklas und selbst der Quarz finden sich bisweilen mitten in den Orthoklaskrystallen *), sie sind aber dann immer sehr klein im Verhältnifs zu diesen, während nicht selten sehr grofse Orthoklaskrystalle ganz von Hornblende und besonders von Oligoklas umgeben sind. Am *Ural* sind aber auch grofse schwarze Hornblendekrystalle im Feldspath eingeknetet **).

Delesse bemerkt selbst, dafs die Bildungsfolge der Mineralien des Syenit nicht die ihrer Schmelzbarkeit sei. Diefs ist auch die harte plutonische Nufs, die man bis jetzt vergebens aufzuknacken gesucht hat, und an der auch ich mir die Zähne etwas verdorben habe. Im äufserst strengflüssigen Quarz die viel leichter schmelzbaren Feldspath- und Hornblendekrystalle abgeformt zu finden und ihn für eine Bildung auf feuerflüssigem Wege auszugeben, heifst so viel, als wenn man Jemand weifs machen wollte, eine gothische Kirche mit allen ihren Spitzbögen, Thürmchen und Schnörkeln auf einer Gufseisentafel sei in einer bleiernen Form abgegossen worden. Man würde eine solche Zumuthung für eine Invective der gesunden Vernunft halten, und doch muthen ihr die Ultraplutonisten ganz dasselbe zu. Diese Absurdität war eine der ersten Motiven, die mich zum Abfalle von den ultraplutonischen Phantasien brachte.

Wenn der Syenit keinen Quarz, sondern blofs $\frac{1}{2}$ Orthoklas, $\frac{1}{4}$ Oligoklas und $\frac{1}{4}$ Hornblende enthält, so erhält man für die Kieselsäure im ganzen Gesteine 58 Proc. In den quarzfreien Abänderungen kann dieselbe 64 Proc. nicht übersteigen; denn diefs ist der Kieselsäuregehalt im Orthoklas, welcher der an Kieselsäure reichste Gemengtheil des Gesteins ist. Directe Bestimmungen der Kieselsäure im ganzen Gesteine haben aber 65 Proc. (Syenit mit rothem Oligoklas von *Coravillers*) und 70 Proc. (Syenit mit weifsem Oligoklas von *Servance* und *Giromagny*) gegeben. Diese enthalten daher Quarz.

Berechnet man die Zusammensetzung eines quarzfreien

---

*) Auch am *Thüringer Walde*. Credner im n. Jahrb. 1843. S. 267.

**) Kupffer in Poggend. Ann. Bd. XVI. S. 274

Syenit nach vorstehenden Volumen-Verhältnissen seiner Gemengtheile: so reduciren sich diese Volumen-Verhältnisse auf folgende Gewichts-Verhältnisse:

| | |
|---|---|
| Orthoklas . . . | 46,87 |
| Oligoklas . . . | 24,52 |
| Hornblende . . . | 28,61 |
| | 100,00 |

Berechnet man die Zusammensetzung eines Syenit, welcher im Ganzen 70 Proc. Kieselsäure enthält, nach diesen Gewichts-Verhältnissen: so erhält man folgende Gemengtheile:

| | | Kieselsäure. |
|---|---|---|
| Orthoklas . . . | 33,58 | 21,58 |
| Oligoklas . . . . | 17,57 | 10,35 |
| Hornblende . . . | 20,50 | 9,72 |
| Quarz . . . . . | 28,35 | 28,35 |
| | 100,00 | 70,00 |

Berechnet man endlich daraus die Zusammensetzung eines Syenit von 70 und von 65 Proc. Quarz, nach Delesse's Analysen dieser Gemengtheile: so erhält man folgende Bestandtheile:

| | | |
|---|---|---|
| Kieselsäure . . . | 70,00 | 65,00 |
| Thonerde . . . | 12,38 | 14,58 |
| Eisenoxyd . . . | 0,17 | 0,20 |
| Eisenoxydul . . . | 1,51 | 1,78 |
| Kalkerde . . . . | 3,45 | 4,06 |
| Magnesia . . . . | 3,46 | 4,08 |
| Kali . . . . . | 3,13 | 3,69 |
| Natron . . . . | 3,44 | 4,05 |
| Wasser . . . . | 0,56 | 0,66 |
| | 98,10 | 98,10 |

Diese Zusammensetzungen dienen zur Vergleichung mit den Analysen von Hornblendegesteinen, welche so feinkörnig

sind, dafs die Gemengtheile kaum mineralogisch bestimmt und noch weniger analysirt werden können. Nähert sich die Zusammensetzung solcher Gesteine den obigen: so kann man immer noch schliefsen, dafs sie Syenite seien. Kommt die Kieselsäure unter 64 Proc., so sind es quarzfreie Syenite, sofern die Thonerde nicht beträchtlich steigt. Nimmt aber diese Erde und mit ihr auch die Kalkerde zu, so ist auf die Gegenwart eines stark kalkhaltigen Feldspaths zu schliefsen, und dann kann noch Quarz vorhanden sein, weil ein solcher Feldspath viel weniger Kieselsäure, als der Orthoklas und der Oligoklas enthält.

### Porphyr von *Chagey* (*Haute-Saône*).

Dieses dunkelgrüne Gestein ist bald als ein Uebergangsporphyr (porphyre de transition), bald als ein Augitporphyr betrachtet worden. In ihm finden sich gestreifte Feldspathkrystalle, die im Allgemeinen grünlich, aber oft so dunkel wie die Grundmasse sind, so dafs die Porphyrstructur nicht immer deutlich hervortritt. Durch die erste Einwirkung der Atmosphärilien werden sie ziegelroth und hierauf kaolinisiren sie sich.

Nach der Analyse von Delesse *) besteht dieser Feldspath aus:

| | | | Sauerst. |
|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . | 59,95 | 31,148 | 31,148 |
| Thonerde . . | 24,13 | 11,278 | 11,600 |
| Eisenoxyd . . | 1,05 | 0,322 | |
| Manganoxydul . | Spur | | |
| Kalkerde . . . | 5,65 | 1,578 | 3,412 |
| Magnesia . . | 0,74 | 0,310 | |
| Kali . . . . | 0,81 | 0,137 | |
| Natron . . . | 5,39 | 1,378 | |
| Wasser . . . | 2,28 | | |
| | 100,00 | | 15,012 |
| Spec. Gew. = | 2,736 | | |

*) A. a. O. S. 17 ff.

Delesse hält diesen Feldspath gleichfalls für Andesin. Nach den oben (S. 919) entwickelten Gründen können wir aber auch diesen Feldspath nur für einen Oligoklas halten, welcher, da er noch mehr Wasser, als die Feldspathe vom *Ballon de Servance* und von *Coravillers*, und aufserdem kohlensauren Kalk enthält, in der Zersetzung noch weiter fortgeschritten ist, als diese.

Die Farbe dieses Gesteins scheint von fein verbreiteter Hornblende herzurühren. Man bemerkt indefs auch sehr unvollkommen krystallisirte, kleine, schwärzlich-grüne Körner, welche Augit (vielleicht doch nur Hornblende) zu sein scheinen. Die Wirkung auf die Magnetnadel zeigt auch einen nicht wahrnehmbaren Gehalt von Magneteisen an. Ueberdiefs finden sich darin, aufser kohlensaurem Kalk, Quarz, Eisenkies, eisenhaltiger Chlorit und Epidot.

Die Analyse einer dunkelgrünen Grundmasse, welche die geringste Menge Feldspath enthalten mufs, gab folgende Zusammensetzung:

| | |
|---|---|
| Kieselsäure . . . . . . | 61,71 |
| Thonerde und Eisenoxyd . | 25,44 |
| Manganoxydul . . . . . | Spur |
| Kalkerde . . . . . . . . | 4,79 |
| Magnesia . . . . . . . . | 2,98 |
| Kali, Natron | 2,74 *) |
| Wasser . . . . . . . . | 2,34 |
| | 100,00 |

Die Analysen jenes Feldspaths und dieser dunkelgrünen Grundmasse bilden die beiden Grenzen für die chemische Zusammensetzung der Gesteinsmasse. Die Vergleichung beider zeigt, dafs die Grenzen, innerhalb welcher die Zusammensetzung schwankt, ziemlich enge sind.

Da der Kieselsäuregehalt in der Grundmasse etwas gröfser, als im Feldspath ist: so zeigt auch diefs die Gegenwart

*) Verlust.

von Quarz; denn die beigemengten Mineralien, Hornblende u. s. w., würden den Kieselsäuregehalt unter den des Feldspaths herabbringen. Das Hervortreten der Magnesia in der Grundmasse, in Vergleich mit der geringen Menge dieser Erde im Feldspathe, ist eine Folge der beigemengten Hornblende. Dafs diese nur wenig betragen kann, zeigt das spec. Gewicht der Grundmasse, = 2,759, welches nur wenig höher, als das des Feldspaths ist. Damit stimmt indefs der geringe Gehalt der Alkalien in der Grundmasse nicht überein, der weniger als halb so viel, wie im Feldspath beträgt. Entweder ist die Feldspathgrundmasse in der Zersetzung noch weiter fortgeschritten, als die Feldspathkrystalle, oder es sind die Alkalien in der Grundmasse zu niedrig bestimmt, was wohl sein kann, da sie nicht direct bestimmt wurden. Es ist zu wünschen, dafs Delesse, dessen Untersuchungen einen so hohen Werth haben, dieselben durch eine directe Bestimmung der Alkalien vervollständigen möge.

Das Gestein geht in Mandelstein über. Nachstehende Bestimmungen des Glüheverlustes verschiedener Abänderungen dieses Gesteins zeigen recht deutlich, wie mit zunehmendem Wassergehalte der Uebergang in Mandelstein erfolgt.

| | | | Glüheverlust |
|---|---|---|---|
| 1) | Breccienporphyr | (Porphyr brèche) . . | 1,73 |
| 2) | „ | dunkelgrüner . . . . | 2,79 |
| 3) | „ | schwärzlich grüner . . | 3,41 |
| 4) | „ | grüner, mandelsteinartiger, übergehend in Uebergangsschiefer . . . | 5,32 |
| 5) | „ | Eine Varietät des Vorhergehenden . . . . | 6,17 |

An einer Stelle geht das Gestein allmälig in Serpentin über, womit es mehrmals wechselt.

Man kann wohl dieses Gestein für einen Uebergang vom eigentlichen Syenit zum Diorit betrachten. Von jenem unterscheidet er sich, dafs er nicht Orthoklas, von diesem, dafs er nicht einen dem Anorthit, sondern dem Oligoklas ähnlichen Feldspath enthält.

Nachstehende acht Hornblendegesteine wurden von mir analysirt, um zu ermitteln, in wie weit die mineralogischen Untersuchungen durch die chemischen ergänzt und bestätigt werden können. Ich wählte hierzu Gesteine von weit von einander entlegenen Orten. Sie waren durchgängig feinkörnige, in denen eine gesonderte Analyse der Gemengtheile nicht stattfinden konnte.

Die Gesteine wurden durch kohlensaures Kali und durch Flufssäure *) aufgeschlossen. Auf die Bestimmung des chemisch gebundenen Wassers wurde besondere Sorgfalt verwendet, weil aus der gröfseren oder geringern Menge desselben auf eine mehr oder weniger weit fortgeschrittene Veränderung der Gesteine zu schliefsen ist. Daher wurde das gepülverte Gestein vor dem Glühen, zur Entfernung des hygroskopischen Wassers, im siedenden Wasserbade ausgetrocknet. Da der Zweck der Analysen nur auf die Bestimmung der Hauptbestandtheile gerichtet war: so können ihnen seltenere und in geringen Mengen vorkommende Bestandtheile, wie z. B. Titansäure u. s. w., leicht entgangen sein. Ein wichtiges Element für die quantitative Bestimmung der Gemengtheile eines krystallinischen Gesteins ist die genaue Bestimmung seines specif. Gewichts; besonders wenn, wie in den Hornblendegesteinen, die Hauptgemengtheile ein ziemlich ungleiches spec. Gewicht haben. Daher wurde diese Bestimmung mit besonderer Sorgfalt und stets im pulverförmigen Zustande vorgenommen. Das absolute Gewicht des Gesteins wurde nach vorhergegangener Austrocknung im siedenden Wasserbade, mithin mit seinem chemisch gebundenem Wasser bestimmt. Durch Kochen des Wassers über dem Pulver wurde alle eingeschlossene Luft fortgetrieben.

---

*) Statt der Flufssäure wurde meist künstlich dargestelltes Fluorbaryum und Schwefelsäure angewandt: ein Verfahren, welches der Anwendung der aus unreinem Flufsspath dargestellten Flufssäure vorzuziehen ist.

## Quarzfreie Hornblendegesteine.

| | I. | II. | III. | IV. |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . | 48,65 | 48,62 **) | 50,15 ***) | 49,42 ††) |
| Thonerde . . | 16,42 | 20,19 | 13,30 | 18,12 |
| Eisenoxydul . | 4,69 | | | 9,60 |
| Eisenoxyd . . | 18,62 | 12,15 | 27,54 | 5,41 |
| Manganoxyd . | 0,48 | Spur | 0,30 | — |
| Kalkerde . . | 7,16 | 11,93 | 0,59 | 8,65 |
| Magnesia . . | 2,32 | 1,90 | 2,65 †) | 3,16 |
| Kali . . . . | 0,56 | 1,27 | 0,89 | 1,27 |
| Natron . . . | 0,89 | 2,31 | 1,70 | 2,57 |
| Glüheverlust . | 0,21 | 0,62 | 0,26 | 1,80 |
| | 100,00 *) | 98,99 | 97,38 | 100,00 *) |

I. Hornblendeschiefer von *Miltitz* in *Sachsen*. Feldspathartige Gemengtheile sind darin gar nicht zu erkennen. Kleine Hornblendenadeln liegen parallel der Schichtung, aber sonst in allen Richtungen durch einander; aufserdem scheint auch noch etwas von einer grünen Grundmasse (wahrscheinlich Chlorit) darin zu sein. Er braust weder in der Kälte noch in der Wärme mit Säuren. Auf den Absonderungsflächen befindet sich ein ocherbrauner Ueberzug, der auch nicht braust.

---

*) Der sich bei der Summation ergebende geringe Ueberschufs wurde als Sauerstoff vom Eisenoxyd in Abzug gebracht, und danach das Eisenoxydul und Eisenoxyd, welche beide ohne Zweifel im Gesteine vorhanden sind, berechnet. Dafs auf diese Weise die relativen Quantitäten beider Oxyde nicht genau bestimmt werden können, versteht sich von selbst.

**) Von einer anderen Stelle des Gesteins erhielt man 48,32 Proc.

***) Von einer andern Stelle des Gesteins 50,09 Proc.

†) Die Magnesia war, wie bei den meisten dieser Analysen, schwarz gefärbt, welches die Gegenwart organischer Substanzen, die theils beim Aufschliefsen, theils bei der Analyse zerstört wurden, beweiset. Davon rührt auch zum Theil der bei mehreren dieser Analysen statt gefundene Verlust her.

††) Von einer andern Stelle des Gesteins 50,32 Proc.

Im Wasserbade verlor er nur sehr wenig Wasser. Specif. Gewicht = 3,008 bei 18°,2 R.

II. Hornblendeschiefer von *Hartmannsgrün* bei *Gieshübel* in *Böhmen*. Die Hornblendenadeln sind in ihm gröfser, als im vorhergehenden. Im Wasserbade zeigte sich keine Spur von Wasser. Er braust gleichfalls nicht mit Säuren. Specif. Gewicht = 3,035 bei 17°,1 R.

III. Hornblendeschiefer von *Kalvola* in *Finnland*, worin die grofsen, schönen, rothen Granaten eingewachsen sind. Neben den Hornblendenadeln ist etwas feinschuppiger Glimmer zu erkennen. Im Wasserbade zeigte sich keine Spur von Wasser. Mit Säuren braust er ebenfalls nicht. Specif. Gewicht = 3,198.

Da diese drei Gesteine im Wasserbade wenig oder gar kein Wasser von sich geben, und auch der Glüheverlust sehr gering ist: so befinden sie sich gewifs in einem sehr wenig veränderten Zustande *).

IV. Hornblendegestein von *Weidenthal* am Fufse des *Mellibokus*. Neben der Hornblende befindet sich in ihm ein weifses, stark fettglänzendes Mineral, wovon G. Rose bemerkt, dafs es nicht spaltbar ist, einen splittrigen Bruch hat und sich mit dem Messer ritzen läfst; daher kein Feldspath ist. Ein *Carlsbader* Zwilling ist jedoch deutlich darin zu sehen. Quarz ist darin nicht zu erkennen. Es wurde bereits (S. 846) bemerkt, dafs sich auf den Absonderungsflächen dieses Gesteins ein dünner, weifser Ueberzug von kohlensaurem Kalke befindet, im Innern es aber nicht braust, und daher ungewifs ist, ob dieser Ueberzug von einer Zersetzung oder nicht vielmehr von Löfs herrührt. Als indefs über dem fein gepülverten Gesteine, wovon der weifse Ueberzug sorgfältig abgesondert worden, Wasser gekocht und hierauf Säure zugegossen wurde, zeigte sich ein ziemlich starkes und lange anhaltendes Brausen, und es hatten sich 0,747 Proc. kohlensaurer Kalk aufgelöst. Dieser dürfte doch wohl ein Zersetzungsproduct des Kalksilicats im Feldspathe sein. Im Wasserbade war es äufserst schwierig auszutrocknen; es dauerte sehr

*) Diese drei Gesteine verdanke ich der gütigen Mittheilung von meinem Freunde G. Rose.

lange, ehe es seine Feuchtigkeit verlor; es hielt also noch in der Siedhitze Wasser zurück. Alles dieses zusammengenommen und der bedeutende Glüheverlust deuten auf eine schon ziemlich weit vorgerückte Veränderung. Daher scheint jenes weifse Mineral doch Feldspath, aber ein in der Zersetzung schon sehr vorgerückter (S. 912) zu sein. Spec. Gew. = 2,947 bei 15,°2 R.

So verschieden die quantitativen Verhältnisse der Basen in den vier Hornblendegesteinen sind, so nahe übereinstimmend ist die Menge der Kieselsäure. Diese Uebereinstimmung zeigt sich auch noch in der Kieselsäure-Menge des Feldspaths und der Hornblende in dem von Delesse analysirten Diorit und in der Kieselsäure-Menge dieses Diorit selbst.

In I, II und IV ist, wie in diesem Diorit (nach den beiden berechneten Resultaten, S. 908) die Menge der Kalkerde viel gröfser, als die der Magnesia. Wären die Quantitäten beider Erden in den Hornblenden dieser Gesteine auch nur gleich: so würden in I. 4,84, in II. 10,03 und in IV. 5,49 Proc. der Kalkerde dem feldspathigen Gemengtheile zukommen. Da aber in den Hornblenden die Magnesia meist mehr als die Kalkerde beträgt (S. 856): so können die dem Feldspathe zukommenden Antheile an dieser Erde noch mehr betragen. Es ist also nicht zweifelhaft, dafs in diesen Hornblendegesteinen ein, dem Feldspathe im Kugeldiorit ähnlicher, mithin ein Anorthit oder eine Varietät desselben enthalten ist, und dafs daher die oben entwickelten Formeln hier keine Anwendung finden.

In III. findet sich nur sehr wenig Kalkerde und eine gröfsere Menge Magnesia, als Kalkerde; ein kalkreicher Feldspath, wie in den anderen Hornblendegesteinen, kann also darin nicht vorhanden sein. Da die Alkalien auch nur wenig betragen, und das specif. Gewicht sehr hoch ist: so kann die Menge des Feldspaths überhaupt nur gering sein.

Der bedeutende Eisen- und der geringe Thonerdegehalt in diesen vier Hornblendegesteinen zeigt übrigens, dafs in ihnen die Hornblende der vorwaltende Gemengtheil ist, welches auch mit dem äufsern Ansehen, und mit dem grofsen specif. Gewicht dieser Gesteine übereinstimmt. Diese Gesteine sind daher ganz verschieden vom Kugeldiorit (S. 906); denn in diesem waltet der Feldspath gegen die Hornblende bedeu-

tend vor. Quarz kommt wohl in keinem Hornblendegesteine vor, welches nicht mehr als 48—50 Proc. Kieselsäure enthält.

Die Hornblende in diesen Gesteinen, besonders in III., gehört zu den reichsten an Eisen und ärmsten an Kalkerde und Magnesia.

Quarzhaltige Hornblendegesteine.

| | V. | VI. | VII. | VIII. |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . | 58,90 *) | 61,09 | 60,97 | 61,04 |
| Thonerde . . | 20,73 | 14,48 | 16,44 | 16,66 |
| Eisenoxydul . . | 9,83 | 8,95 | 10,58 | 9,09 |
| Manganoxyd . . | • | 0,93 | 0,08 | — |
| Kalkerde . . . | 5,32 | 5,01 | 5,14 | 1,18 |
| Magnesia . . . | 2,01 | 0,85 | 1,80 | 1,84 |
| Kali . . . . | 1,80 | 1,36 | 0,80 | 2,17 |
| Natron . . . | 2,09 | 1,81 | 3,41 | 2,85 |
| Glüheverlust . . | 0,99 | 1,82 | 1,03 | 3,55 |
| | 101,67 | 96,30 | 100,25 | 98,38 |

V. Hornblendegestein aus dem *Schönberger Thal* (S. 890). Es enthält kleine schwärzlichgrüne Hornblendeprismen, kleine bräunlichschwarze Glimmerblättchen und ein weifses feinkörniges Mineral, welches spaltbar ist und dessen Spaltungsflächen nicht gestreift sind; daher wahrscheinlich Orthoklas ist. Die Spaltungsflächen sind nicht häufig sichtbar, daher ist es wohl möglich, dafs neben dem Orthoklas noch Oligoklas darin enthalten ist (nach Untersuchungen von G. Rose). Es braust nicht mit Säuren. Specif. Gewicht = 2,820 bei 20° R.

VI. Ein ähnliches Gestein im zerfallenen Zustande (S. 890). Den Grund des bedeutenden Verlustes bei der Analyse habe ich nicht ermitteln können, da ich kein Material von diesem Gesteine mehr hatte.

VII. Sehr feinkörniges Gestein angrenzend an grobkörnigen Diorit, aus dem Steinbruche im *Weidenthale* auf dem

*) 58,92 Proc. in dem Gesteine von einer andern Stelle. Die Zusammensetzung scheint daher sehr gleichförmig zu sein.

Wege von *Zwingenberg* nach dem *Mellibokus* (S. 846). Es sind hier und da ganz kleine messinggelbe Pünctchen eingesprengt: wahrscheinlich Kupferkies; denn Schwefelwasserstoffgas bewirkte in der Auflösung der aufgeschlossenen Masse einen Niederschlag von 0,33 Proc., und Ammoniak eine bläuliche Färbung. G. Rose glaubt nicht dieses Gestein Hornblendeschiefer nennen zu können, da Hornblende darin nicht sichtbar ist. Es gehört zu den Abänderungen des grünen Schiefers, wie sie zwischen *Kupferberg* und *Schönau* in *Schlesien* vorkommen. Die Aehnlichkeit in seiner Zusammensetzung mit den beiden vorhergehenden Hornblendegesteinen zeigt indefs, dafs es sich diesen anschliefst. In Pulverform braust es etwas mit Säuren. Specif. Gew. = 2,814 bei 17,°3 R.

VIII. Ein im äufsern Ansehen dem Feldsteinporphyr ähnliches Gestein zwischen *Rammelsbuch* und *Alten-Glan* (nördliche Fortsetzung des *Remigiusberges*) in *Rheinbaiern*. G. Rose hat es als Syenitporphyr bezeichnet. Mikroskopisch kleine Drusenräume sind mit einem fleischfarbenen Mineral eingefafst, und im Innern findet sich eine chloritähnliche grüne Masse. Als über einem Stücke mit solchen Drusenräumen Wasser gekocht wurde, strömten lang anhaltend Luftbläschen in feinen Perlenschnüren heraus. Das Gestein ist daher sehr porös. Mit Salzsäure brauste es aber nicht. Gleichwohl zog sie 0,08 Procent Kalk aus, der wahrscheinlich als Carbonat darin enthalten war; denn ist die Menge des kohlensauren Kalks sehr gering, so wird die ausgeschiedene Kohlensäure vom Wasser absorbirt und es steigen keine Bläschen auf. Specif. Gew. = 2,687 bei 15°,2 R.

In V, VI und VII finden wir wiederum die Kalkerde vorherrschend gegen die Magnesia. Wir haben also darin gleichfalls einen kalkreichen Feldspath zu vermuthen. Wären die Quantitäten der Kalkerde und Magnesia in den Hornblenden dieser Gesteine auch nur gleich: so würden in V. 3,31, in VI. 4,16 und in VII. 3,34 Proc. der Kalkerde dem feldspathigen Gemengtheile zukommen. Je nach der Menge dieses Gemengtheils würden diese Quantitäten bis zu einem Procentgehalte steigen, wie wir ihn in keinem der gewöhnlichen Oligoklase, selbst nicht in denen im Syenit der *Vogesen* (S. 919) finden. Man kann daher nur an Kalkoligoklas (S. 918) denken.

Es ist nicht wahrscheinlich, dafs VI. aus V. hervorgegangen ist; es würde wenigstens nicht zu begreifen sein, wie sich gerade die Thonerde und die Magnesia hätten vermindern sollen. V. giebt ein graues, VI. dagegen ein gelblich graues Pulver; letzteres enthielt daher mehr Eisenoxyd, als ersteres. Die Hauptveränderung dürfte daher von einer höheren Oxydation des Eisenoxyduls herrühren.

VIII. ist, wie der bedeutende Glüheverlust zeigt, offenbar ein sehr zersetztes Gestein. Man sieht indefs aus der Aehnlichkeit der Zusammensetzung mit V. bis VII., dafs es in dieselbe Kategorie gehört. Da es sich von diesen hauptsächlich nur durch seinen geringen Kalkgehalt unterscheidet: so ist es sehr wahrscheinlich, dafs die Veränderung in einem Verluste an Kalkerde bestanden hat.

Da der Eisengehalt in diesen Hornblendegesteinen geringer ist, als in den obigen, I. bis IV.: so ist zu schliefsen, dafs die Hornblenden in ersteren in geringerer Menge, als in letzteren vorhanden sind.

Der Kieselsäuregehalt im Kalkoligoklas fällt, wenn man den von Delesse analysirten hinzu rechnet, zwischen 59 und 61,2 Proc. und stimmt also mit der Kieselsäure in V bis VIII vollkommen überein. Da jedoch der Kieselsäuregehalt der Hornblenden jeden Falls bedeutend unter diese Gröfsen fällt: so würde die Kieselsäure dieser Hornblendegesteine zwischen 48 und 61 Proc. fallen und sich jener Zahl um so mehr nähern müssen, je mehr die Hornblenden betragen, wenn keine freie Kieselsäure vorhanden wäre. Die Glimmerblättchen in V betragen zu wenig, als dafs sie einen merklichen Einflufs auf die Zusammensetzung haben könnten. Jeden Falls würden sie aber, und noch mehr, wie die Hornblende, den Kieselsäuregehalt herabdrücken. Es ist daher ganz unzweifelhaft, dafs die Gesteine V bis VIII Quarz enthalten, obwohl er in so kleinen Körnchen eingesprengt sein mufs, dafs man ihn unter der Lupe nicht mit Bestimmtheit wahrnehmen kann. No. V giebt mit dem Stahle Funken.

In einer, durch seine zeolithischen Einschlüsse bekannten Melaphyr-Parthie, am *Sattel* bei *Niederkirchen* in *Rheinbaiern*, kommt ein rothes Feldspathgestein mit Hornblende und kleinen Blättchen von Eisenglanz, selten in einigen Abänderungen

auch Quarzkörner vor*). An einer Stelle ist es eine gröfsere, ringsum von Melaphyr umgebene Parthie, an einer anderen eine gangähnliche Platte von 2½ Fufs Stärke, welche der plattenförmigen Absonderung des Melaphyrs in ihrer Lage folgt. Dieses Gestein schliefst kleine Trümmer von Datolith ein. Höchst merkwürdig ist das Vorkommen desselben, ebenfalls am *Sattel*, wie es von einem sorgfältigen Beobachter, dem Markscheider Gümbel zu *St. Ingbert*, beschrieben wird. Es bildet dort Gänge im verwitterten Melaphyr, welche in allen möglichen Richtungen aufsetzen, sich plötzlich umbiegen, sich schleppen, vereinigen und auf Kreuzpuncten ein Ganzes ausmachen. Aehnliche Gangbildungen kommen im Melaphyr am *Eisenknopfe* bei *Eschweiler* vor. Es findet sich auch an der *Heidenburg* bei *Kreimbach*; seine Lagerungsverhältnisse sind aber dort nicht bekannt. Dieses Gestein hat Aehnlichkeit mit dem oben (S. 933) unter VIII angeführten Syenitporphyr.

Obgleich die Feldspathparthien von ziemlicher Gröfse sind, um sie von den gröfseren porphyrartig eingeschlossenen Hornblendeparthien absondern zu können: so sind sie doch von einem so feinen Hornblendegeäder durchzogen, dafs es äufserst schwer hält, den Feldspath vollkommen rein für die Analyse zu erhalten. Es war eine mühsame Arbeit, nur 7 Gran frei von Hornblende zu gewinnen. Es scheinen übrigens zwei verschiedene Feldspathe, ein fleischrother und ein weifser, vorhanden zu sein. Eine vollständige Sonderung beider war auch nicht zu erwirken. Die Hornblende hat hier und da einen grünen chloritähnlichen Ueberzug. Ein solcher kleidet auch kleine Drusen aus. Wahrscheinlich ist es eine zersetzte Hornblende. Der Glühverlust dieses Gesteins ist 0,81 Proc.; es befindet sich also schon in einem etwas veränderten Zustande.

Jene 7 Gr. wurden mit kohlensaurem Kali und 28,6 Gr., welche aber nicht frei von Hornblende waren, mit Flufssäure aufgeschlossen, um das relative Verhältnifs der Alkalien zu finden. Die Resultate beider Analysen waren:

---

*) v. Dechen in der Sitzung der Niederrheinischen Ges. f. Natur- und Heilkunde am 7. Feb. 1850.

| | |
|---|---|
| Kieselsäure . . . . . . | 65,82 |
| Thonerde . . . . . . . | 17,45 |
| Eisenoxyd . . . . . . . | 2,98 |
| Kalkerde . . . . . . . | 1,13 |
| Magnesia . . . . . . . | 1,56 |
| Kali . . . . . . . . . | 1,83 |
| Natron . . . . . . . . | 9,23 |
| | 100,00 |

Obgleich, wegen der geringen, zur Analyse angewendeten Mengen und wegen nicht vollkommener Reinheit derselben, die Analyse noch etwas zu wünschen übrig läfst, so ist es doch sehr wahrscheinlich, dafs dieser Feldspath ein Gemeng aus Oligoklas und Orthoklas ist, worin ein Theil der Thonerde durch Eisenoxyd vertreten wird. Dem gemäfs ist das Gestein als ein fast quarzfreier Syenit zu bezeichnen *).

Das Vorkommen dieses Syenits in so sehr verzweigten schmalen Gängen im Melaphyr läfst sich mit einer plutonischen Bildung durchaus nicht einigen, wie auch der Melaphyr selbst entstanden sein mag.

Das spec. Gew. ist 2,754 bei 15°,3 R. Die Feldspath-Grundmasse ist daher gegen die Hornblende sehr überwiegend.

In der Umgegend von *Halle* an der *Saale*, östlich von *Löbejün*, ziemlich an der Grenze des ältern Porphyrs, erhebt sich eine kleine isolirte Kuppe, der sogenannte *Schiedsberg*. Nach Westen verlängert sich derselbe in einen schmalen Arm, und reicht fast mitten in das *Löbejüner* Kohlengebirge hinein. Das Gestein des *Schiedsberges* hat eine vollkommene Porphyrstructur, welche sich jedoch entfernter davon immer mehr verliert und endlich geht es in ein dichtes grünsteinartiges Gestein über. Hochmuth **) analysirte diese Gesteins-Varietäten. Er bezeichnet Augit als einen Gemengtheil derselben. Rammelsberg ***) vermuthet aber, dafs die augitische Sub-

*) Sollte ich Stücke dieses Minerals erhalten, aus denen sich die beiden Feldspathe absondern liefsen, so soll eine vollständigere Analyse beider nachfolgen.

**) Bergwerksfreund Bd. XI. S. 441.

***) Viertes Suppl. S. 181.

stanz wohl eigentlich Hornblende sein dürfte, in welchem Falle diesen Gesteinen hier eine Stelle anzuweisen ist. Für diese Vermuthung spricht, dafs, nach allen bisherigen Erfahrungen, in Gebirgsgesteinen Augit in Begleitung mit Labrador vorzukommen scheint, welcher in jenen Gesteinen fehlt.

| | I. | II. *a.* | II. *b.* | III. |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . | 66,19 | 64,25 | 61,50 | 59,87 |
| Thonerde . . . | 13,43 | 12,64 | 13,78 | 11,21 |
| Eisenoxydul . . | 6,46 | 8,63 | 11,89 | 14,88 |
| Kalkerde . . . | 0,46 | 2,50 | 1,20 | 5,87 |
| Magnesia . . . | 2,36 | 1,14 | 1,58 | |
| Kali . . . . . | 5,08 | 4,33 | 7,39*) | 5,09 |
| Natron . . . . | 2,56 | 2,60 | | |
| Glüheverlust . . | 2,57 | 1,15 | 2,66 | 2,54 |
| | 99,11 | 97,24 | 100,00 | 99,46 |

I. Porphyr des *Schiedsberges*. Schmutzig gelb, dicht und fest. Enthält zweierlei Feldspathkrystalle: Orthoklas und matt weifse, die eher Albit als Oligoklas zu sein scheinen; ferner kleine Parthien von grünschwarzem Augit (Hornblende?) und, obwohl sehr selten, Quarz. Spec. Gew. = 2,6317. Wo dieses Gestein den Atmosphärilien ausgesetzt ist, zerfällt es und nimmt eine fast ochergelbe Farbe an. Jenes grünschwarze Mineral ist dann von Eisenoxydhydrat umgeben.

II. Porphyr aus dem *Martinsschacht*. Grundmasse dunkelbraunroth in's Braungelbe und Grüne und Blaue. Die Feldspathkrystalle sind kleiner und undeutlicher. Einzelne schwarze Stellen haben das Aussehen von Augit (Hornblende). Meist sind aber an ihre Stelle viele kleine Blasenräume getreten, die mit feinen, grünen Nädelchen, (Epidot?) erfüllt sind. Spec. Gew. = 2,6486. a) Analyse des gewöhnlichen, b) einer lichtgrünen Abänderung, bei der die Feldspath-Ausscheidungen ganz zurücktreten. Spec. Gew. = 2,683.

III. Sogenannter Grünstein, füllt als das äufserste Ende

*) Verlust.

des Porphyrs eine muldenförmige Vertiefung im Kohlengebirge aus. Dunkellauchgrün, dicht und sehr hart. Durch die Lupe erkennt man Feldspath und als seltene Beimengung auch Quarz. Die Natur des grünen Minerals läfst sich durchaus nicht erkennen. Dieses Gestein steht durch die Abänderung b) des vorigen mit dem Porphyr in unmittelbarem Zusammenhange.

Hochmuth berechnet aus diesen Analysen die Gemengtheile Kalifeldspath, Natronfeldspath, Augit, Quarz, Thonerde.

Die Berechnung der einzelnen Feldspathe kann, wegen des in ihnen sehr wechselnden Gehaltes von Kali und Natron, kein, auch nur approximatives Resultat geben. Die geringen Mengen Kalkerde und Magnesia lassen nicht auf einen an Kalkerde reichen Feldspath schliefsen. Da aber in I die Magnesia viel mehr als die Kalkerde beträgt, so berechtigt auch diefs zur Vermuthung, dafs Hornblende und nicht Augit vorhanden sei.

Berechnen wir nach den Formeln für den Orthoklas und Albit (S. 902), die Feldspath-Antheile in I, so bleiben 27,84 Proc. Kieselsäure und 3,2 Proc. Thonerde übrig. Der Sauerstoff beider beträgt mehr, als das 2,5fache vom Sauerstoff des Eisenoxyduls, der Kalkerde und der Magnesia; es ist daher, die Gegenwart einer thonerdehaltigen Hornblende vorausgesetzt, freie Kieselsäure vorhanden (S. 905) und sie beträgt mindestens 18,84, höchstens 20,74 Proc.

Berechnen wir ebenso die Feldspath-Antheile in II, so bleiben 28,93 Proc. Kieselsäure und 3,22 Proc. Thonerde übrig. Der Sauerstoff beider beträgt mehr, als das 2,5fache vom Sauerstoff der genannten Basen; es ist daher, die Gegenwart einer thonerdehaltigen Hornblende vorausgesetzt, freie Kieselsäure vorhanden und sie beträgt mindestens 17,04 und höchstens 19,41 Proc.

In I und II erhält man, nach Abzug des Maximums oder Minimums der Kieselsäure, Reste, deren Zusammensetzung für x positive Werthe geben, welche kleiner, als der Sauerstoff der Thonerde sind, und daher für Hornblende gehalten werden können. Der Rest von II enthält freilich mehr Kalkerde, als Magnesia, und hat defshalb keine Hornblende-Mischung. Da indefs die bedeutenden Glüheverluste der sämmtlichen Gesteine einen schon veränderten Zustand anzeigen: so sind

diese Erden überhaupt nicht mehr in ihren ursprünglichen Verhältnissen vorhanden. Uebrigens kann auch leicht ein Theil der Kalkerde den Feldspath-Antheilen zugehören.

Berechnet man in I und II die Feldspath-Antheile nach den Formeln für Oligoklas (S. 901), so erhält man für I 14,11 und für II 12,99 Proc. Thonerde, mithin mehr als vorhanden ist. Jeden Falls kann nur eine geringe Menge Oligoklas vorhanden sein; denn in den Hornblendegesteinen scheint stets thonerdehaltige Hornblende vorzukommen; ein Theil der Thonerde möchte daher diesem Gemengtheile zugehören. Da in den kalkhaltigen Feldspathen die Thonerde mit der Kalkerde zunimmt und im Anorthit ihr Maximum erreicht: so läfst, wie in den vorliegenden Fällen, ein geringer Gehalt beider Erden mit Sicherheit schliefsen, dafs solche Feldspathe entweder gar nicht oder doch nur in kaum merklichen Quantitäten vorhanden sein können.

Die nach obigen Formeln berechneten Gemengtheile von I und II *a* sind:

| | I. | | II. *a* | |
|---|---|---|---|---|
| | Min. | Max. | Min. | Max. |
| | des Quarzes | | des Quarzes | |
| Feldspath . . | 51,67 | 51,67 | 56,22 | 56,22 |
| Quarz . . . | 17,04 | 19,41 | 18,84 | 20,74 |
| Hornblende . | 27,38 | 25,01 | 21,48 | 19,58 |
| | 96,09 | 96,09 | 96,54 | 96,54 |

Unter Feldspath ist begriffen Orthoklas mit Albit oder Oligoklas. Von II. *b* und III lassen sich die Feldspath-Antheile nicht mit Sicherheit berechnen, da die Alkalien nicht direct bestimmt worden sind. Diese Gesteine sind aber in ihrer chemischen Zusammensetzung den Vorhergehenden nahe verwandt.

Die Zusammensetzung der vorstehenden vier Gesteine zeigt eine unverkennbare Aehnlichkeit. Fast in demselben Verhältnisse, in welchem die Kieselsäure abnimmt, nimmt das Eisenoxydul zu. Ob aber das Eine dieser Gesteine aus dem Andern hervorgegangen ist, läfst sich nicht mit Wahrscheinlichkeit entscheiden.

Mit dem Gesteine I hat ein schwarzer Grünstein (IV) und mit dem Grünsteine III ein dichter Grünstein (V), beide aus dem *Hodritsch-Thale* bei *Schemnitz*, welche von Beudant *) analysirt worden, in der Zusammensetzung viele Aehnlichkeit.

| | IV. | | V. |
|---|---|---|---|
| Kieselsäure | 63,2 | | 60,0 |
| Thonerde | 14,2 | | 12,3 |
| Eisenoxyd | 5,8 | | 12,3 |
| Kalkerde | 2,5 | | 1,4 |
| Magnesia | 2,0 | Manganoxydul | 3,1 |
| Kali | 1,2 | | 9,6 |
| Natron | 1,2 | | 1,1 |
| Wasser | 0,3 | | 0,2 |
| | 90,4 | | 100,0 |

Auffallend ist der ungewöhnliche Kaligehalt in V. Die Analyse IV ist wohl durch einen Druckfehler verunstaltet. Rammelsberg **) vermuthet, dafs das Kali in derselben 11,2 Proc. beträgt, in welchem Falle der Gehalt an Alkalien in diesem noch gröfser sein würde. Der gänzliche Mangel an Magnesia in V und dafür die grofse Menge Manganoxydul sind gleichfalls auffallend. Eine Wiederholung dieser Analysen ist wünschenswerth.

---

Die bisherigen mineralogischen und chemischen Untersuchungen haben fünf Feldspathspecies in den Hornblendegesteinen kennen gelehrt: Orthoklas, Albit, Oligoklas, Kalkoligoklas und Anorthit oder eine, diesem sehr nahe stehende Varietät. Die kalkreichsten Feldspathe (Kalkoligoklas und Anorthit) finden sich also in diesen Gesteinen. Nennen wir ein Gestein, welches blofs Orthoklas oder Orthoklas und Oligoklas

*) Ann. des Mines II. Sér. V. 300.

**) Handwörterb. Abth. I. S. 196.

enthält, Syenit (S. 885): so müfste man alle anderen Gesteine, in denen kein Orthoklas, aber der eine oder der andere der obigen Feldspathspecies vorkommt, Diorite nennen. Es würde dann Albit-, Oligoklas-, Kalkoligoklas- und Anorthit-Diorite geben, und in dem Falle, dafs zwei dieser Feldspathe zusammen vorkommen, würden die Diorite nach dem vorwaltenden Feldspathe zu benennen sein. Da es indefs, wie wir gesehen haben, oft schwierig ist, die Feldspathspecies mineralogisch und chemisch zu erkennen: so wird es in solchen Fällen unbestimmt bleiben, zu welcher Abtheilung ein gegebener Diorit gehört.

Der Kugeldiorit von *Corsica* (S. 907), die Hornblendeschiefer von *Siebenlehn* (S. 911), von *Miltitz*,, von *Hartmannsgrün* und vom *Weidenthal* (S. 930) scheinen wirkliche Anorthit-Diorite zu sein. Der Diorit von *Pont-Jean* (S. 911) dürfte ein Oligoklas-Diorit und die Hornblendegesteine von *Baumgarten*, von *Pisoje* und von *Russgarden* dürften Kalkoligoklas-Diorite sein. Dafs der Hornblendeschiefer von *Kalvola* weder ein Kalkoligoklas-, noch ein Anorthit-Diorit ist, ist gewifs; was er aber ist, bleibt ungewifs. Die quarzhaltigen Gesteine aus dem *Schönberger Thale* (S. 933. V und VI) und vom *Weidenthal* scheinen zum Kalkoligoklas-Diorit zu gehören, vielleicht auch das Gestein von *Rammelsbuch* (S. 934); der sehr zersetzte Zustand des letzteren erschwert indefs sehr die richtige Deutung desselben.

Die Syenite der *Vogesen* (S. 919) erscheinen als bestimmt charakterisirte. Das Gestein vom *Sattel* (S. 935) dürfte gleichfalls ein Syenit sein. Die mineralogische Untersuchung der Gesteine aus der Umgegend von *Halle* (S. 937) ist zu mangelhaft, als dafs man daraus auf ihre Gemengtheile schliefsen könnte. Ueberdiefs befinden sie sich auch in einem veränderten Zustande. Die Resultate der Analysen von I und II stehen indefs der Deutung nicht entgegen, dafs diese Gesteine quarzhaltige, aber an Hornblende sehr arme Syenite sein können.

Die specif. Gewichte der in den Hornblendegesteinen vorkommenden Feldspathe sind:

| | | |
|---|---|---|
| Orthoklas | . . . . . . | 2,50—2,60 |
| Albit | . . . . . . . . | 2,61—2,64 |
| Oligoklas, Kalkoligoklas und Anorthit | . . . | 2,64—2,76 |
| der Hornblenden | . . . | 2,93—3,40 |

Das spec. Gewicht eines Hornblendegesteins kann daher nicht unter 2,5 und nicht über 3,4 fallen, sofern aufser Feldspath und Hornblende keine anderen Gemengtheile vorhanden sind. Es ist daher um so gröfser, je mehr die Hornblende vorwaltet, oder, bei gleichem Hornblendegehalte, je mehr das Gestein Oligoklas, Kalkoligoklas und Anorthit enthält. Da die specif. Gewichte der Quarze innerhalb gleicher Grenzen (2,5 – 2,8), wie die der Feldspathe fallen: so können, bei gleichem Hornblende-Gehalte, die specif. Gewichte quarzhaltiger und quarzfreier Hornblendegesteine nur wenig differiren.

Unter den im Vorhergehenden angeführten Hornblendegesteinen nähern sich die spec. Gewichte des Kugeldiorit von *Corsica* und des Gesteins vom *Sattel* (2,754—2,768) sehr dem Minimum; dieselben halten daher die Hornblende in viel geringerer Menge, als die Feldspathe. Die spec. Gewichte der quarzfreien Hornblendegesteine (S. 930) fallen zwischen 2,947 und 3,198; sie enthalten demnach theils nahe gleiche Quantitäten Hornblende und Feldspathe, theils jene in gröfserer Menge, als diese. Die spec. Gewichte der quarzhaltigen Hornblendegesteine (S. 933) fallen zwischen 2,687 und 2,820; sie enthalten daher durchgängig weniger Hornblende, als die quarzfreien. Am geringsten sind die spec. Gewichte der Gesteine aus der Umgegend von *Halle* (2,6317—2,683); sie enthalten daher die geringsten Mengen Hornblende.

Zwischen den Gesteinen, worin Hornblende und denen, worin Augit mineralogisch erkennbar ist, liegt die grofse Zahl der Grünstein, Grünsteinschiefer, (Aphanit, Diabas) benannten Gesteine. Erscheinen Hornblende und Augit nicht mehr in erkennbaren Formen, sondern nur noch in den Farben, die sie den Gesteinen ertheilen: so sind, da beide Mineralien dieselben Farben und Farben-Nuancen durchlaufen, amphibole und augitische Gesteine gleichfarbig, wenn die Hornblende und der Augit es sind, oder beide Gesteins-Classen sind unter sich

verschieden gefärbt, wenn die verschiedenen Hornblenden oder Augite, welche sie zusammensetzen, es sind. Da sich die Farben dieser Mineralien auch nach den verschiedenen Oxydationsstufen ihres Eisens ändern: so können amphibole und augitische Gesteine von gleicher chemischer und mineralogischer Zusammensetzung sehr verschiedene Farben haben, wenn diese Oxydationsstufen verschieden sind. Oben (S. 621) wurde gezeigt, wie die ursprünglich blaue Farbe der Melaphyre in ihren verschiedenen Stadien der Zersetzung in hellgrün, gelblichgrün und endlich in ocherfarben übergeht. Aehnliche Uebergänge finden ohne Zweifel auch bei den Hornblendegesteinen statt. Naumann's Bemerkung*), dass die grosse Mehrzahl der Grünsteine durch Augit und nur die Minderzahl derselben durch Hornblende charakterisirt ist, müssen wir beistimmen.

Wie wenig die chemische Analyse allein entscheiden kann, ob ein gegebenes Gestein Hornblende oder Augit enthält, hat sich aus den früheren Betrachtungen und namentlich daraus ergeben, dass es zweifelhaft ist, ob die von Delesse untersuchten und zu den Melaphyren gezählten Gesteine (S. 641) wirklich solche oder nicht vielmehr Hornblendegesteine sind (S. 914). Da die Hornblenden Fluor enthalten, nicht aber die Augite (S. 845): so dürfte diefs vielleicht ein Hauptmerkmal zur Unterscheidung der Hornblendegesteine von den Augitgesteinen abgeben. Es ist daher zu wünschen, dafs durch eine Reihe von sorgfältigen chemischen Untersuchungen von Gesteinen, welche entschieden Hornblende- oder Augitgesteine sind, ermittelt werde, ob dieser Unterschied zwischen beiden Gesteins-Classen ein durchgreifender ist, und ob das Fluor selbst in den nur wenig Hornblende enthaltenden Gesteinen mit Sicherheit nachgewiesen werden kann. Unten (S. 954 ff.) werden wir sehen, dafs in den erzhaltigen Hornblendegesteinen im *Erzgebirge* stets Flufsspath vorkommt. Da er höchst wahrscheinlich ein Zersetzungsproduct von Hornblende ist: so möchte wohl aus seiner Gegenwart in zersetzten Grünsteinen, in denen Hornblende nicht mineralogisch nachweisbar ist, auf Hornblendegesteine geschlossen werden können. Beachtet man,

*) Lehrb. der Geognosie. Bd. I. S. 592.

dafs unter den Fundorten des Flufsspaths nur ein einziges Mal Blasenräume in Mandelsteinen (Insel *Papastour* in *Schottland*) angeführt werden, und dafs es nicht einmal entschieden sein dürfte, ob dieser Mandelstein wirklich ein Augitgestein ist: so gewinnt jener Schlufs an Wahrscheinlichkeit.

Es ist zu vermuthen, dafs aus den Zersetzungsproducten, welche die Gewässer aus den Gesteinen in Spalten und Drusenräume führen, zu erkennen wäre, ob das gegebene Gestein ein Hornblende- oder Augitgestein sei. Wenn auch die Hornblende fast denselben Zersetzungsprocessen, wie der Augit unterliegt (S. 879): so ist doch zu erwarten, dafs die Hornblendegesteine andere Zersetzungsproducte, als die Augitgesteine liefern, da in beiden Gesteinen in der Regel ganz verschiedene Feldspathe, welche sich bei ihren Zersetzungen in Zeolithe verschieden verhalten, vorkommen.

Betrachtet man die Fundorte des Prehnit, so fällt es auf, Hornblendegesteine, namentlich Drusenräume und Klüfte im Diorit, als die bei weitem häufigsten zu finden. Leicht könnte man daher verleitet werden, aus dem Vorkommen von Prehnit in einem Grünstein, in dem sich Hornblende mineralogisch nicht nachweisen läfst, auf deren Gegenwart zu schliefsen. Allein da noch in diesem Augenblicke nur von wenigen Dioriten entschieden dargethan ist, dafs sie wirklich solche sind: so können die aus früheren Zeiten herrührenden Angaben von Prehnit in Dioriten noch weniger stets auf wirklichen Diorit schliefsen lassen. Dazu kommt, dafs Prehnit in Formen von Analcim, Leonhardit und Natrolith gefunden wird*); mithin in Formen von Zeolithen, die meist in entschieden augitischen Gesteinen (Dolerit, Trachyt, Basalt) vorkommen. Dadurch ist wenigstens die Möglichkeit gegeben, dafs der Prehnit mittelbar aus augitischen Gesteinen hervorgehen kann, und die Vermuthung, dafs er blofs ein Zersetzungsproduct von Hornblendegesteinen ist, erscheint dann wenig begründet. Gleichwohl ist es auffallend, dafs die Pseudomorphosen von Prehnit nach Analcim unter andern sehr ausgezeichnet am *Sattel* bei *Niederkirchen* vorkommen, wo sich auch das oben

*) Die Pseudomorphosen von Blum S. 100. 104 und Nachträge S. 60.

(S. 935) erwähnte rothe Feldspathgestein mit Hornblende findet.

Da diese Pseudomorphosen eine Aufnahme von Kalksilicaten voraussetzen: so sind sie von besonderer Bedeutung; denn der Analcim und der Natrolith gehören zu den kalkfreien Zeolithen, während der Prehnit 26 Proc. Kalkerde hält. Auch der Leonhardit, nur 9 bis 10 Proc. Kalkerde enthaltend, mufs bei seiner Umwandlung in Prehnit Kalksilicate aufnehmen. Beim Analcim und Natrolith wird das Natron durch Kalkerde verdrängt. Die wirkliche Umwandlung in Prehnit ist durch G. Leonhard's *) Analyse der pseudomorphen Prehnite von *Niederkirchen* nachgewiesen worden. Da dieselben jedoch nur 19 bis 22,6 Proc. Kalkerde enthalten, so scheint die Umwandlung noch nicht vollendet gewesen zu sein. Dafür spricht auch der Wassergehalt von 5 bis 6 Proc., während der des nicht pseudomorphen Prehnit nur 4 bis 4,6 Proc. beträgt. Bemerkenswerth ist, dafs nach E. Riegel **) der Analcim von *Niederkirchen* 5,7 Proc. Kalkerde und 6,5 Natron enthält, übrigens die normale Mischung dieses Minerals hat. Da bis jetzt keine Kalkerde in demselben gefunden worden, so könnte man vermuthen, dafs dieser Analcim schon in einer Umwandlung in Prehnit begriffen sei; allein dann müfste sich auch eine Verminderung der Kieselsäure zeigen. Jener Analcim enthält aber 57 Proc. Kieselsäure und ein gleichfalls von Riegel analysirter Prehnit von *Niederkirchen* 47,5 Proc. Nicht wahrscheinlich ist, dafs erst, nach gänzlicher Verdrängung des Natrons in Analcim durch Kalkerde, die Kieselsäure zur Abscheidung kommen sollte. Blum ***) glaubt die vom Analcim aufgenommene Kalkerde vom Datolith, der stets die umgewandelten Massen umgiebt und bedeckt, dabei aber doch in einem sehr zersetzten oder doch wenigstens lockern Zustande sich befindet, ableiten zu können.

Borsaure Kalkerde, durch Kochen einer Borsäure-Lösung über kohlensauren Kalk erhalten (in gewöhnlicher Temperatur

---

*) Ueber einige pseud. zeolith. Substanzen aus Rheinbaiern. Stuttgart 1841. S. 43 ff.

**) Jahrb. d. pract. Pharm. Bd. XIII. S. 1.

***) A. a. O.

treibt die Borsäure die Kohlensäure nicht aus), wird in wässriger Lösung durch eine Lösung von kieselsaurem Natron in kieselsaure Kalkerde, welche sich, da sie schwerlöslicher als borsaure Kalkerde ist, ausscheidet, und in borsaures Natron zersetzt. Stellt man die borsaure Kalkerde durch Zersetzung von Chlorcalcium mittelst einer Lösung von Borax im Ueberschusse dar: so erhält man einen bedeutenderen Niederschlag, weil diese borsaure Kalkerde, wahrscheinlich eine andere Verbindungsstufe, leichtlöslicher als jene ist *). Es ist daher gar nicht unwahrscheinlich, dafs die borsaure Kalkerde des Datolith das kieselsaure Natron des Analcim in kieselsaure Kalkerde, und mithin dieses Mineral in Prehnit umgewandelt hat.

Wie der Prehnit in Drusenräumen und Klüften entstanden sein mag, darüber bleiben nur Vermuthungen übrig. Kaum kann man aber an eine andere Bildungsweise denken, als dafs die Gewässer Kalk- und Thonerdesilicate aufgelöst enthalten und beide als ein Doppelsilicat abgesetzt haben, und dann wird es begreiflich, wie sowohl Hornblende- als Augitgesteine das Material zu seiner Bildung liefern können.

Auffallend waren mir die so zahlreichen Prehnitgänge in den Grünsteinen der Umgegend von *Dillenburg*. Der Prehnit in einem mächtigen Gange bei *Niederschelt* brauste an verschiedenen Stellen mit Säuren. Ob dieser kohlensaure Kalk ein Zersetzungsproduct des Prehnit, oder ein gleichzeitiger Absatz mit demselben ist, wage ich nicht zu entscheiden. Das Vorkommen des Prehnit in diesen Grünsteinen berechtigt uns nicht, dem Vorstehenden zu Folge, diese Gesteine für Diorite zu halten. F. Sandberger **) spricht von völlig krystallinischen Dioriten aus Albit und Hornblende. Nach Grandjean's gefälliger brieflicher Mittheilung soll es aber im *Nassauischen* keine Albitdiorite geben. In der Umgegend von

*) Setzt man zu dem durch Vermischung von Chlorcalcium und Borax erhaltenen Niederschlag von borsaurer Kalkerde abermals eine Lösung von Chlorcalcium: so löst er sich wiederum auf. In chemischer Beziehung verdient dieses Verhältnifs wohl eine nähere Aufklärung durch genauere Versuche.

**) Uebersicht u. s. w. S. 64.

*Dillenburg* zeigte mir derselbe in den Grünsteinen Labradorkrystalle bis zu ½ Zoll Länge, theils ganz frisch, theils halb, theils ganz verwittert. Hier kann also von Diorit nicht die Rede sein. Meist sind diese Grünsteine so feinkörnig, dafs weder feldspathige noch augitische oder amphibole Gemengtheile zu unterscheiden sind. Auf dem Wege von *Burg* nach *Neuhaus* fand ich diese Gesteine so dunkelblauschwarz, dafs sie sich von eigentlichen Melaphyren gar nicht unterscheiden lassen.

Ganz vergeblich erscheint es, die Grünsteine classificiren zu wollen. Dieselben bilden eine Reihe, deren einer Endpunct Augitporphyr oder Melaphyr mit erkennbarem Augit und Labrador und deren anderer Diorit oder Syenit mit erkennbarer Hornblende ist. Zwischen diesen Endpuncten finden sich unzählige Glieder und Uebergänge, von denen es ganz unbestimmt bleibt, ob sie zu den Augit- oder Hornblendegesteinen gehören. Es ist auch gewifs ein zu weit getriebener Classifications-Eifer, wenn man nur diese beiden Gesteins-Classen in den Grünsteinen voraussetzt. Ihre grüne Färbung rührt gewifs in vielen Fällen von Mineralien her, die Umwandlungsproducte von Hornblende oder von Augit, und von den dieselben begleitenden Feldspathen sind. Prehnit, Epidot, Chlorit und ähnliche Eisenoxydulsilicat haltende Mineralien, welche wir in Gängen und Drusenräumen von Grünsteinen mehr oder weniger ausgeschieden finden, werden auch in der Masse der Gesteine selbst als Umwandlungsproducte jener Mineralien mit anderen gemengt vorkommen. Berücksichtigen wir endlich, dafs der Augit in der Grundmasse der Melaphyre sich durch Ausscheidung von Kalkerde, mit oder ohne Aufnahme von Magnesia, in Hornblende, und wahrscheinlich auch in Diallag, Bronzit und Hypersthen u. s. w. umwandeln kann (S. 829), dafs ferner diese Umwandlung bald mehr bald weniger fortgeschritten ist: so begreifen wir, wie unzählige Combinationen dieser Umwandlungsproducte in den Grünsteinen vorkommen können. Demnach könnte es nicht befremden, wenn irgendwo ein und dasselbe Grünsteinlager an dem einen Ende Melaphyr, an dem andern etwa ein Anorthitdiorit (S. 942) wäre, und zwischen beiden unzählige Uebergänge statt fänden. Wo daher die Gemengtheile in den Grünsteinen mineralogisch nicht mehr

zu erkennen sind, ist es am zweckmäfsigsten, diesen generischen Namen beizubehalten *).

---

Delesse **) analysirte den Feldspath aus dem Euphotid, der als eine Varietät des Gabbro (S. 602) zu betrachten ist, und fand ihn (I) zusammengesetzt aus

| | I. | II. | III. | IV. |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure | 49,73 | 49,00 | 44,6 | 43,6 |
| Thonerde | 29,65 | 24,00 | 30,4 | 32,0 |
| Eisenoxydul | 0,85 | 6,50 | — | — |
| Manganoxydul | Spuren | — | — | — |
| Kalkerde | 11,18 | 10,50 | 15,5 | 21,0 |
| Magnesia | 0,56 | 3,75 | 2,5 | 2,4 |
| Kali | 0,24 | — | — | 1,6 |
| Natron | 4,04 | 5,50 | 7,5 | — |
| Wasser und Kohlens. | 3,75 | | | |
| | 100,00 | 99,25 | 100,5 | 100,6 |

Die von Delesse untersuchten Euphotide brausen mit Säuren: sie enthalten Carbonate des Eisenoxyduls, der Kalkerde und Magnesia. Diese Carbonate durchdringen nicht allein die Feldspath-Grundmasse und die Feldspathkrystalle, sondern auch die Diallagkrystalle. Zwischen den Spaltungsflächen und zufälligen Spalten der Feldspathkrystalle finden sich ferner überaus kleine Lamellen von Talk. Ebenso ziehen sich zwischen den Mineralien der Euphotide mikroskopische Serpentin-Aederchen durch, welche manchmal so häufig werden, dafs man nicht mehr weifs, ob man das Gestein Serpentin oder Euphotid nennen soll. Alle diese Erscheinungen zeigen, dafs dieses Gestein der Sitz fortwährender mannichfaltiger Zersetzungsprocesse ist.

Zur Vergleichung fügen wir hinzu: den Saussurit vom

*) Vergl. Naumann a. a. O. S. 592.

**) Recherches sur l'euphotide. Bulletin de la Soc. géol. de France, 2. sér. T. VI. P. 547.

*Genfersee*, nach Klaproth*) (II), aus dem Euphotid vom *Mont Genèvre* (III) und aus dem Euphotid vom Thal *Orezza* in *Corsica* nach Boulanger**) (IV). Die Zusammensetzung dieses Feldspaths nähert sich bald dem Labrador, bald dem von Delesse genannten Vosgit, bald selbst dem Anorthit (S. 908). Unverkennbar bildet er Uebergänge vom Labrador zum Anorthit, und es dürfte sich hieraus ergeben, dafs auch in den Grünsteinen nicht blofs ein allmäliger Uebergang des augitischen Gemengtheils in den amphibolen, sondern auch des labradorischen in den anorthitischen statt findet. Also weder die Feldspathe, noch ihre augitischen oder amphibolen Begleiter gestatten eine Grenzlinie zwischen Augit- und Hornblendegesteinen zu ziehen. Da in letzteren, aufser dem Anorthit, noch der Oligoklas, Albit und Orthoklas hinzutreten: so sehen wir, dafs die in den Gebirgsarten am meisten verbreiteten Feldspathe es sind, welche die Augit- und Hornblendegesteine und vorzugsweise die letzteren zusammensetzen.

Da der Saussurit das hohe spec. Gewicht von 3,2—3,4, mithin nahe dasselbe, wie die Augitarten hat: so kann man auf die Gegenwart dieses Feldspaths in einem Grünsteine schliefsen, wenn derselbe eben dieses spec. Gewicht hat, und um so mehr, je mehr die Feldspathmasse überwiegt. Die Gegenwart von Saussurit in augitischen oder amphibolen Gesteinen ist aber wahrscheinlich, da der Smaragdit, welcher mit dem Saussurit den Euphotid zusammensetzt, eine Verwachsung von Augit und Hornblende, oder eine Umwandlung des ersteren in letztere ist (S. 538).

Der sogenannte Diallag aus dem Euphotid vom *Fiumalto* hatte, nach Boulanger's Analyse, eine vom Diallag (S. 604) sehr abweichende Zusammensetzung. Er enthält nur 40,8 Kieselsäure. Obgleich nicht leicht zu begreifen ist, dafs dieses Mineral Diallag, Augit oder Hornblende im veränderten Zustande sei: so bleibt doch kaum eine andere Vorstellung als diese übrig. Sein beträchtlicher Wassergehalt von 5,2 Proc. deutet jeden Falls auf bedeutende Veränderungen. Kommen, wie zu vermuthen ist, in den Grünsteinen ähnliche durch Zer-

*) Beiträge. Bd. IV. S. 271.

**) Poggend. Ann. Bd. XXXVI. S. 479.

setzung entstandene zeolithähnliche Mineralien vor: so wächst mit ihnen die Schwierigkeit, aus den Resultaten der chemischen Analyse von Gesteinen, welche solche Mineralien enthalten, auf ihre Gemengtheile zu schliefsen, und es rechtfertigt sich das, was hierüber oben bemerkt wurde.

Dafs wir überhaupt Gabbro, Euphotid und selbst Hyperit zu den Grünsteinen zählen, rechtfertigt sich dadurch, dafs dieselben, wenn sie feinkörnig werden, nicht mehr von Grünsteinen zu unterscheiden sind.

## Umwandlung und Zersetzung der Hornblendegesteine.

Die Umwandlungen der Hornblende in Chlorit, Glimmer und Serpentin weisen schon auf Umwandlungen von Hornblendegesteinen in Chlorit- und Glimmerschiefer und Serpentin hin. Die nachfolgenden, genauen Beschreibungen entnommenen Verhältnisse zeigen, dafs diese Umwandlungen wirklich statt finden.

Westlich von *Grünau* im *Erzgebirge* kommt auf einer hohen Kuppe ein theils dichter und selbst blasiger Grünstein oder Grünsteinschiefer, theils eine flaserige, dem Hornblendeschiefer sehr ähnliche Masse vor. Von der Höhe hinab nach Nordwesten geht dieser flaserige Hornblendeschiefer durch Aufnahme von grünem Glimmer oder Chlorit erst in hornblendigen Chloritschiefer, hierauf durch allmäligen Austausch des grünen Glimmers gegen grauen in langflaserigen und endlich in breitblättrigen, wellenförmigen Glimmerschiefer über, so dafs letztere Gesteine an beiden Gehängen des *Schönauerthales* und auf den Höhen zwischen diesem und dem *Lohthale* bei weitem vorwalten. Dagegen bestehen wiederum die Kuppen zu beiden Seiten des *Lohthales* aus hornblendigem Grünstein, welcher jedoch immer nur sehr untergeordnet aufzutreten scheint *).

Wenn damit die Beschreibung endete, so würden wir schon zur Vermuthung geführt werden, dafs hier eine Reihe von Umwandlungen statt gefunden haben müsse. Naumann

*) Naumann's Erläuterungen u. s. w. H. II. S. 309.

fügt aber hinzu, dafs diese verschiedenen Gesteine, trotz der grofsen Unähnlichkeit der beiden Extreme, des wellenförmigen Glimmerschiefers und des dichten Grünsteins, dennoch als integrirende Theile eines und desselben Gebirgsgliedes, als die Producte eines und desselben Bildungsactes betrachtet werden müssen. Dafür bürgen die bestimmtesten Uebergänge, welche sich Schritt für Schritt und grofsentheils an anstehenden Felsmassen verfolgen lassen. Jene Vermuthung gewinnt durch diese Beobachtungen ein sicheres Fundament, und wird zur Ueberzeugung.

Es ist die gehörige Würdigung der Pseudomorphosen, die es möglich macht, zu entscheiden, was der Anfangspunct jener Umwandlungen und was der Endpunct derselben ist. Diese Würdigung setzt auch Denjenigen, der solche Verhältnisse nur aus Beschreibungen kennt, wenn diese nur so genau, wie die vorliegenden sind, in den Stand, den Anfangs- und den Endpunct der Metamorphosen zu finden. Nicht der Glimmerschiefer kann sich in Chloritschiefer und in dichten Grünstein umgewandelt haben; sondern aus diesem sind jene hervorgegangen; denn es ist kein Beispiel einer Umwandlung des Glimmers in Chlorit und in Hornblende bekannt.

Jener grüne Glimmer ist gewifs aus der Hornblende hervorgegangen, wie schon seine Farbe anzeigt (S. 873). Der Austausch gegen grauen Glimmer kann nur dadurch erfolgt sein, dafs sich im grünen Glimmer die Oxydationsstufe des Eisens verändert hat. Ist es das Kali in der Feldspath-Grundmasse des Grünsteins, welches die Umwandlung in Glimmer bewirkt hat: so mufste der Feldspath als solcher um so mehr verschwinden, je mehr diese Umwandlung fortschritt, und es entstand ein reiner Glimmerschiefer, dessen Quarz von zersetzter Feldspathmasse herrührte, wenn nicht schon im Grünsteine selbst freie Kieselsäure vorhanden war. Naumann bemerkt indefs, dafs jener Glimmerschiefer bisweilen etwas Feldspath enthält und dadurch mitunter selbst eine gneifsähnliche Beschaffenheit annimmt. Ein solcher Glimmerschiefer bewahrt noch einen Theil der ursprünglichen Feldspathmasse des Grünsteins.

Der Uebergang des Chloritschiefers in Glimmerschiefer schwebt noch im Unklaren; denn eine Umwandlung des Chlorits

in Glimmer ist noch nicht durch Pseudomorphosen nachgewiesen. Da der wesentliche Unterschied zwischen beiden darin besteht, dafs der Glimmer Alkalien, der Chlorit keine enthält: so liegt die chemische Möglichkeit der Umwandlung des letzteren in ersteren durch Aufnahme von Kalisilicaten vor. Mineralogisch ist nicht immer der Chlorit vom Glimmer zu unterscheiden. Eine chemische Untersuchung würde wohl das Verhältnifs aufhellen. Sollte sich noch im Glimmerschiefer Chlorit finden, so könnte man von einer Umwandlung desselben in Glimmer gänzlich abstrahiren. Finden wir häufig Lager von Chloritschiefer im Glimmerschiefer, so ist wohl denkbar, dafs in diesem selbst neben Glimmer Chlorit auftritt.

Wenn es einmal dahin gekommen sein wird, dafs jedes unklare Verhältnifs in integrirenden Theilen eines Gebirgsgliedes von den Geognosten den Chemikern überwiesen wird: so werden bei der Bearbeitung einer chemischen Geologie weniger Lücken bleiben, als sie in diesem Werke bleiben mufsten.

Bei der Umwandlung des Hornblendeschiefers in Chlorit- oder Glimmerschiefer mufs Kalkerde ausgeschieden werden (S. 866 und 873). Am linken Gehänge des *Schönauerthales* liegen wirklich dicht oberhalb des Glimmerschiefers viele Kalkstöcke über und neben einander *). Ob diese für Zersetzungsproducte des Grünsteins gehalten werden können, müssen wir dahin gestellt lassen. Da ihre Schichtung sehr verschieden ist, so ist nicht anzunehmen, dafs sie gleichzeitig mit dem Grünsteine und dem daraus hervorgegangenen Glimmerschiefer abgesetzt worden sind. Ein Causalzusammenhang, wie wir uns ihn denken, scheint schon Naumann vorgeschwebt zu haben; denn er sagt: „Die Anomalie der Schichtenstellung an der Grenze des Glimmerschiefers und des mit ihm zusammenhängenden Grünsteins möchte wohl mit der Existenz derselben im Causalzusammenhange stehen.

Der Umstand, dafs sich der in Rede stehende Grünstein auf den Kuppen, dagegen der Hornblende-haltige Chloritschiefer und der Glimmerschiefer an den Thalgehängen findet, zeigt, dafs in den tieferen Puncten die Bedingungen zur Umwandlung

*) A. a. O. S. 315.

mehr, als in den höheren gegeben waren. Die Vermuthung liegt daher sehr nahe, dafs die von der Höhe herabgekommenen Gewässer die zur Umwandlung nöthigen Stoffe von oben herabgeführt haben.

In den Gegenden von *Breitenbrunn* und *Schwarzenberg* im *Erzgebirge* wird der Glimmerschiefer, der Schieferung und Schichtung anscheinend ziemlich parallel, von sehr abweichenden Gesteinen vielfach durchzogen, deren Hauptmasse theils grünsteinartig, theils kalksteinartig ist, und die sich gewöhnlich durch Reichthum und grofse Mannichfaltigkeit einbrechender Mineralien und armer Erzarten auszeichnen. Besonders auffallend ist dabei das sehr gewöhnliche Zusammenvorkommen der erzhaltigen Hornblendegesteine und des körnigen Kalksteins oder Dolomits, welche dennoch sehr scharf von einander getrennt sind, und sogar im Alter verschieden zu sein scheinen *).

Im *Breitenbrunner* Zug theilt sich das Lager in eine obere und in eine untere Abtheilung. Die obere, der sogenannte „*Kamm*", besteht aus einem Gemenge von Chlorit, Hornblende und Strahlstein; die untere, das eigentliche „*Erzflötz*" hingegen enthält vorwaltend Magneteisen, Kiese, Blende, Zinnerz, Granat, Vesuvian, Strahlstein, Chlorit, Thon und Hornblende; seltener Quarz, Kalkspath, Braunspath, Flufsspath, Apatit, Diopsit, Sahlit, Epidot, Turmalin, Glimmer, Talk und Pikrolith.

In der *Unverhofft-Glück* Lagerstätte sind ebenfalls zwei Abtheilungen. Die obere, kleinere, das sogenannte *Erzflötz*, ist ein fester Grünstein mit Strahlstein, Quarz, Erlan, Schieferspath, Manganspath, Braunspath, Blende, Kiese und silberhaltigem Bleiglanz; seltener finden sich Pikrolith, Epidot, Helvin, Allochroit, grüner Glimmer, Serpentin, Flufsspath und Peponit, so wie in Drusenräumen gediegen Silber, und in oberen Teufen ziemlich häufig Grün- und Weifsbleierz. Die untere mächtigere Abtheilung, das *Flöfslager*, besteht aus körnigem Kalkstein und Dolomit.

In der Lagergruppe am *Schützhause* bildet Grünstein mit Strahlstein, Granat, Quarz, Prasem (seltener Epidot, Amethyst, Helvin und Allochroit) Schieferspath, Kalkspath, Flufsspath,

---

*) Naumann a. a. O. H. II. S. 219—258.

Blende, Magneteisen, Kupferkies und Bleiglanz, ½ bis 2 Lachter mächtig, das Hangende, körniger Kalkstein und Dolomit nebst Eisenspath, ⅓ bis ¾ L. mächtig, gewöhnlich das Liegende, und zwar so, dafs der reinste Kalkstein zu unterst liegt.

Die Gruben *Zweiglers Fundgrube* und *Neujahr* in der *Wildenauer* Lagergruppe sind in ihrer Zusammensetzung der von *Unverhofft-Glück* sehr ähnlich. Edler Serpentin, Jaspopal, Strahlstein, Diopsid, Vesuvian, Allochroit, Granat, Kupholith, Peponit, Faserkalk, Metaxit, Pikrolith, Schalstein, Gyps, Flufsspath, Magneteisenerz, Kupferkies, Eisenkies, Blende und Bleiglanz sind meist mit dem Grünsteine verwachsen. Der körnige Kalkstein ist sehr rein und enthält auf *Zweiglers Fundgrube* sehr scharfkantige Bruchstücke von Grünstein.

Die genannten Grünsteine scheinen, nach Cotta, durchaus Diorite zu sein. An mehreren Puncten in den, in Rede stehenden Gegenden des *Erzgebirges* finden sich wenigstens deutliche, aus Albit und Hornblende, ohne fremdartige Beimengungen bestehende Diorite.

Nehmen wir an, die beiden Abtheilungen im *Breitenbrunner Zuge* hätten ursprünglich aus Diorit bestanden; nach und nach seien aber, in Folge eindringender Gewässer, Zersetzungen, von oben nach unten fortschreitend, eingetreten, und lösliche Zersetzungsproducte seien durch die Gewässer nach den untern Theilen des Dioritlagers geführt und hier abgesetzt worden. Die Kalkerde der zersetzten Hornblende und des zersetzten Albit und ein Theil der Magnesia der ersteren und der gröfste Theil des Eisens wurden nach dem Liegenden geführt und hier als Kalkspath, Braunspath und Magneteisen abgesetzt, wie wir sie wirklich finden. Die Rückstände der Hornblende und des Albit waren daher im wesentlichen Kieselsäure, Magnesia und Thonerde, und diese finden sich wirklich im Quarz, oder Prasem (der ein innig mit Strahlstein verwebter Quarz ist) und im Chlorit. Dafs der Zersetzungsprocefs noch nicht vollendet ist, zeigt die Hornblende und der Strahlstein im Hangenden. Die übrigen Mineralien im Liegenden sind demnach theils Infiltrationsproducte von oben, theils neue Verbindungen der, von den Gewässern von oben herabgeführten Stoffe mit den Bestandtheilen des Diorit im Liegenden. Die Kiese, die Blende, das Zinnerz, der Flufsspath und Apatit gehören

zu den Infiltrationsproducten, Granat, Vesuvian, Diopsid, Sahlit, Epidot, Turmalin, Glimmer und Pikrolith zu den neuen Verbindungen. Der Chlorit und Quarz zeigen übrigens, dafs auch in der untern Abtheilung neben jenen Processen der obige Zersetzungsprocefs, jedoch in geringerem Grade von Statten gegangen ist, und die noch vorhandene Hornblende weiset nach, dafs auch hier die Zersetzung noch nicht vollendet ist. Die nur in der unteren Abtheilung vorkommenden Erze sind wohl nicht blofs aus der oberen herabgeführt, sondern auch an Ort und Stelle durch die Zersetzungsprocesse, welche so viele Mineralien gebildet haben, ausgeschieden worden. Dafür spricht besonders das Vorkommen der Erze in der *Raschauer* Lagergruppe; denn da, wo wenig Kiese eingemengt sind, ist die Grünsteinmasse dicht und fest; in den Abbauen hingegen, wo Eisen- und Arsenikkies durchaus vorwalten, erscheint sie gänzlich verwittert, wackenartig und unkenntlich. Ob der Kalk- und Braunspath in der untern Abtheilung die ganze Menge der Kalkerde in sich schliefsen, welche aus der Hornblende ausgeschieden worden, oder ob die Gewässer nur einen Theil derselben abgesetzt und den andern noch weiter fortgeführt haben, würde aus den relativen Verhältnissen des Quarzes und des Chlorits zu schätzen sein, wenn in einem Gebirgsgesteine die Gemengtheile überhaupt mit einiger Sicherheit zu bestimmen wären.

Die Verhältnisse in der *Unverhofft-Glück* Lagerstätte führen zur Vorstellung, dafs sich die ausgeschiedene Kalkerde und Magnesia als Carbonate erst unterhalb des Grünsteinlagers abgesetzt haben. In dem Verhältnisse, als sich oben die Masse verminderte und Raum gewonnen wurde, setzten sich unten aus den Gewässern neue Massen ab. Wenn übrigens die ganze Menge jener Erden zum Absatze gekommen sein sollte: so hätten natürlich, durch die Aufnahme von Kohlensäure, Masse und Volumen zunehmen müssen. Dafs übrigens eine solche Einschiebung eines Lagers keine aus der Luft gegriffene Erscheinung ist, zeigt der Bd. I. S. 902 beschriebene Absatz von Eisenoxydulcarbonat bei *Wehr*. Wollte man auf das Vorkommen „eines festen Grünsteins mit Strahlstein“ einen Zweifel gründen, dafs in der obern Abtheilung des Lagers Zersetzungen von Statten gegangen seien: so wäre nur auf den Quarz

und auf die Carbonate zu deuten, welche blofs Zersetzungsproducte sein können. Oder sollte man Quarz und Carbonate für primäre Producte eines Diorit halten, und vergessen, dafs diese Producte durch eine gänzliche Zersetzung der Hornblende gebildet werden müssen? — Wenn diese Frage, warum nicht auf der *Unverhofft-Glück* Lagerstätte, wie auf dem *Breitenbrunner* Zug, Chlorit erscheint, aus dem Vorkommen des Dolomit im Liegenden und des Braunspaths im Hangenden genügend zu beantworten ist: so können wir wohl nicht auf einem Irrwege sein; denn wir haben wohl nicht nöthig hinzuzufügen, dafs, wenn die Magnesia in diesen beiden Carbonaten sich findet, Chlorit oder ein anderes Magnesiasilicat nicht als ein Zersetzungsproduct auftreten kann. Der seltener vorkommende Serpentin und Pikrolith zeigen indefs, dafs sich eine geringe Menge Magnesiasilicat der Zersetzung durch kohlensaure Gewässer entzogen habe. Zwischen dem Zersetzungsprocesse im *Breitenbrunner* Zug und dem in der *Unverhofft-Glück* Lagerstätte stellt sich demnach der Unterschied heraus, dafs dort die Ausscheidung der Magnesia als Carbonat die untergeordnete, hier die vorherrschende Erscheinung ist.

Nicht zu übersehen ist das räthselhafte Gestein, Breithaupt's *) Erlan, welches, mit Glimmer gemengt, ein eigenes Glied der ältesten Gneifsformation bildet, weil es Auskunft zu geben scheint, wohin der Albit des Diorit gekommen ist. An einer Stelle waren in diesem Gesteine Lagen eines rothen Feldspaths (Albit?), der eben so klein- und feinkörnig wie der meiste Erlan ist. Jene aus Erlan und wenig Glimmer schiefrig gemengte und deutlich geschichtete Gebirgsart (Erlanfels) macht zwischen *Grofspöhla* und *Erla* ein Stück Gebirge von wenigstens hundert Lachter Mächtigkeit aus. Breithaupt hält den Erlan für eine selbstständige Species, Berzelius **) aber, nach dem Resultate der Analyse, nur für ein mechanisches Gemeng. Nach dieser wahrscheinlicheren Annahme ist er blofs für ein Zersetzungsproduct zu nehmen. Da er indefs nur 2,6 Proc. Natron, dagegen 14,4 Proc. Kalkerde, 5,4 Proc. Magnesia und 7,1 Proc. Eisenoxyd enthält: so müfsten zu seiner

*) Schweigg. Journ. Bd. XXXVII. S. 76.

**) Jahresbericht IV. S. 158.

Bildung, aufser dem Albit, noch andere Mineralien contribuirt haben. Im vorliegenden Falle könnte wohl die Hornblende die Kalkerde, Magnesia und das Eisenoxyd geliefert haben. Dafs an manchen Orten der Albit einfach in Kaolin zersetzt wurde, zeigen die *Grauler* Lager in der *Raschauer* Lagergruppe, welche in der grünsteinartigen Hauptmasse (in der sogenannten Wacke) neben Hornblendeschiefer, Strahlstein, Sahlit, Kaolin u. s. w. enthalten.

Merkwürdig ist, dafs in der Grube *weifser Adler*, welche nur einige hundert Schritte von der *Unverhofft-Glück*-Grube entfernt liegt, die gegenseitige Lagerung der Erz- und Flötzmasse gerade umgekehrt ist. Kalkstein und Dolomit bilden dort die obere mächtigere, Grünstein mit den Erzen die untere Ablagerung. Schwerlich dürfte der Kalkstein und Dolomit von dem darunter liegenden Grünsteine herrühren; da man indefs an einer Stelle im Hangenden der Carbonat-Ablagerung geringe Spuren von Grünstein findet: so könnten diese wohl die Ueberbleibsel zerstörter Grünsteinlager sein.

Die Ansichten, welche wir über die wahrscheinliche Bildung der *Breitenbrunner* und der *Unverhofft-Glück* Lagerstätte dargelegt haben, finden auch ihre Anwendung auf die Lagergruppe am *Schützhause* und bei *Wildenau*. Dort ist die Zersetzung durch kohlensaure Gewässer noch weiter fortgeschritten; denn sie hat sogar einen Theil des Eisenoxyduls in der Hornblende ergriffen, wie der Eisenspath im Liegenden zeigt. Damit ist in Uebereinstimmung, dafs gar kein Magnesiasilicat haltendes Mineral unter den Zersetzungsproducten vorkommt. Dagegen zeigen die Gruben der *Wildenauer* Lagergruppe ein solches im edlen Serpentin, welcher die ganze Menge der ausgeschiedenen Magnesia aufgenommen zu haben scheint, da der körnige Kalkstein sehr rein ist.

Die Zersetzung der Hornblende in Speckstein (S. 867) oder Talk scheint in den angeführten Orten des *Erzgebirges* selten statt zu finden. Nur im Lager von *Sechs Brüder* im *Klobensteiner* Zug kommt unter den Zersetzungsproducten, neben Serpentin, Speckstein und in der *Grofs-Pöhlaer* Lagergruppe, neben edlem Serpentin, Talk vor.

Sehr interessant ist die *Grofspöhlaer* Lagergruppe, weil hier das gegenseitige Verhalten der Kalkstein- und Grünstein-

massen besser aufgeschlossen ist, als an irgend einem andern Orte. Das unterste (liegende) Glied bildet Magneteisenerz mit Strahlstein verwebt. Darauf folgt zunächst Grünstein und eine erzhaltige, mit Kalkstein gemengte Lage, worin Braunspath, Schieferspath, Talk, edler Serpentin, Epidot, Helvin, Amianth, Flufsspath, Blende, silberhaltiger Bleiglanz und Magneteisen vorkommen. Hieran schliefst sich körniger Kalkstein (oder Dolomit?), welcher von einem schmalen, wackenartigen Gang durchsetzt wird. Im Hangenden beginnt hierauf ein mehrfacher Wechsel von 1 bis 2 Ellen mächtigen, dichten Grünsteinlagen und ähnlichen Kalklagen, worauf der Glimmerschiefer im Hangenden beginnt. Die ganze Mächtigkeit dieser complicirten Lagermassse ist auf 15 bis 20 Lachter zu schätzen.

Wenn blofs die chemische Möglichkeit mehrerer der, im Vorgehenden berührten Zersetzungsprocesse der Hornblende und des Albit vorläge: so könnte dagegen erinnert werden, dafs aus einer möglichen Umsetzung der Bestandtheile eines Minerals in zwei oder mehrere Mineralien nicht auf eine wirkliche zu schliefsen ist. Mit Recht fordert man daher noch mineralogische Beweise für solche Zersetzungsprocesse, und diese finden wir in den Pseudomorphosen der Hornblende.

Chlorit und Serpentin kommen in Formen von Hornblende vor (S. 865 und 866). Ausscheidung von Kalk mufs statt haben, es mag sich die Hornblende in Chlorit oder in Serpentin umwandeln. Findet man daher in einem Lager, worin noch unzersetzte Hornblende vorkommt, Chlorit oder Serpentin und kohlensauren Kalk: so steht nichts entgegen, diese Mineralien für Zersetzungsprocesse der Hornblende zu halten. Da Jaspis in Formen von Hornblende vorkommt (S. 868): so ist wohl zu begreifen, wie bei einer noch weiter fortgeschrittenen Zersetzung derselben jener gebildet werden könne. Jaspopal findet sich indefs auch in Porcellanerde-Gruben; mithin kann er auch von zersetztem Albit herrühren. Das Auftreten von Flufsspath unter den Zersetzungsproducten erklärt sich aus dem Flufssäuregehalte der Hornblende (S. 944). Da endlich die Hornblende leicht in einen asbestartigen Zustand übergeht: so dürften der Metaxit und Peponit wohl umgewandelte Hornblende sein.

Der Diorit erscheint hier, wie auf den *Turjin*'schen Ku-

pfererzgruben (Bd. II. S. 461), als eine erzführende Gebirgsart. Die dortigen Bemerkungen, dafs ungeheure Massen Diorit zerstört worden sein müssen, gelten auch hier.

Da in beiden, so weit aus einander liegenden Puncten die Abstammung der Erze aus demselben Gesteine unzweifelhaft ist: so wollen wir nur mit wenigen Worten unseren späteren Betrachtungen von dem Ursprunge der Erze überhaupt und von ihrem Vorkommen in Gängen vorgreifen. Das Magneteisenerz und der Eisenspath sind als solche in der Hornblende keineswegs enthalten; wir brauchen also eben so wenig anzunehmen, dafs Magnetkies, Eisenkies, Kupferkies, Arsenikkies, Bleiglanz und Blende als solche im Diorit vorkommen. Wenn fortgesetzte Zersetzungen in diesem Gesteine vor sich gehen mufsten, ehe sein geringer Gehalt an Erzen so blofs gelegt wurde, dafs er Gegenstand der Gewinnung werden konnte: so ist begreiflich, wie grofse Mengen 'Wassers dieses Gestein durchdrungen haben mufsten, und wie damit die Bedingungen zur Umwandlung der Metalle in Schwefelmetalle herbeigeführt werden konnten. In der *Wildenauer* und in anderen Lagergruppen findet sich Gyps. Dafs durch jene Gewässer, welche den Diorit durchdrungen und zersetzt haben, organische Substanzen, wenn auch in noch so geringen Spuren zugeführt worden sind, ist nicht zu bezweifeln. Schwefelsaure Salze werden aber auch auf nassem Wege von organischen Substanzen zersetzt und in Schwefellebern umgewandelt, welche die Metalle, wenn sie, wie zu vermuthen, als Oxyde im Diorit vorhanden sind, in Schwefelmetalle umzuwandeln vermögen (Bd. I. S. 917 ff.).

Oben (S. 530) wurde schon bemerkt, dafs die in den beschriebenen Orten des *Erzgebirges* getrennten Glieder, Grünstein und Kalkstein, zwischen *Grünstädtel* und *Crandorf* zu einem Gemenge vereinigt sind.

Das Kalksilicat im Albit kann, bis 6,6 Proc. und das in der Hornblende bis 25,3 Proc. kohlensauren Kalk durch gänzliche Zersetzung geben (Bd. I. S. 396 und 399). Die Entstehung eines Gemengs aus Diorit und kohlensaurem Kalk liefse sich also durch die Annahme begreifen, dafs das Ganze ursprünglich Diorit war, ein Theil desselben aber auf Kosten der atmosphärischen Kohlensäure in kohlensauren Kalk zersetzt

wurde. Diesem steht nur entgegen, dafs eine Fortführung des kohlensauren Kalks aus dem Diorit, mit Zurücklassung seiner übrigen Bestandtheile, viel leichter, als umgekehrt eine Fortführung dieser Bestandtheile und eine Zurücklassung des Diorit zu begreifen ist. Naturgemäfser erscheint also die Annahme, dafs Diorit in einer oberen Teufe nach und nach zerlegt, der producirte kohlensaure Kalk durch die Gewässer fortgeführt und in einem tiefer gelegenen Dioritlager wieder abgesetzt worden sei. Verliert der Albit seinen Kalk und damit seine Alkalien, so bleibt Thon zurück. Wirklich findet sich im *Breitenbrunner* Zug so wie in der *Bermsgrüner* Lagergruppe verhärteter Thon.

Wenn die Ultraplutonisten diesen Umwandlungsprocessen auf nassem Wege in den angeführten Dioritlagern widersprechen: so müssen wir die Frage an sie richten, wie sie sich denn die Bildung solcher, parallel zwischen dem Glimmerschiefer eingelagerter, theils grünstein- theils kalksteinartiger Massen eigentlich denken? — Beharren sie auf einer eruptiven oder plutonisch-metamorphischen Bildung des körnigen Kalks: so geben wir ihnen Folgendes zu bedenken. Südöstlich von *Raschau* ist ein schöner, weifser, feinkörniger bis dichter Kalkstein, 1—6 Fufs mächtig, im Ganzen parallel zwischen dem Glimmerschiefer eingelagert, aber im Einzelnen unregelmäfsig in ihm verzweigt, und schliefst von demselben so viele eckige Bruchstücke ein, dafs man hier, wie an einigen andern Orten, geneigt werden mufs, an der Gleichzeitigkeit beider Gesteine zu zweifeln *). Noch mehr mufs dieser Zweifel aufsteigen, wenn, wie im sogenannten *Hahnrücker Gebirge*, zwischen *Ehrenfriedersdorf* und *Geyer*, der Kalkstein in mehreren übereinander liegenden Schichten dem Glimmerschiefer eingelagert ist, wobei sich so viel von diesem mit jenem mengt, und ein so allmäliger Uebergang statt findet, dafs es schwer zu bestimmen ist, wo der eine aufhört und der andere anfängt **). Wenn sogar an einer andern Stelle (*Weifser-Adler*) Bruchstücke des Grünsteins im Kalkstein und Dolomit überaus häufig vorkommen, und beiderlei Gesteine ganz scharfe, aber unre-

---

*) Naumann's Erläuterungen H. II. S. 240.

**) S. 256.

gelmäfsige Grenzflächen gegen einander bilden: so kann der Kalkstein und Dolomit nur eine jüngere Bildung sein *). Beide Gesteine müssen, bemerkt Cotta, mit einiger Gewalt zwischen den Schiefer eingedrungen sein, weil sonst das Oeffnen und Ausfüllen so flacher, weit geöffneter und fein verzweigter Spalten nicht denkbar ist. In der ausfüllenden Masse mufs zugleich die spaltende Kraft gelegen haben. Hiernach wären also diese Kalkgebilde nicht nur jünger als der Schiefer, sondern auch jünger, als die erzführenden Grünsteine, von denen sie viele Bruchstücke einschliefsen.

Steht hiernach das spätere Eindringen des kohlensauren Kalks als Thatsache fest: so kann derselbe nur im flüssigen, also entweder im feuerflüssigen oder im wässrigflüssigen Zustande eingeführt worden sein.

Hall's **) Versuche zeigen, dafs ein Druck von 80 Atmosphären nöthig sei, damit die Wirkung der Hitze am kohlensauren Kalke sichtbar werde, und dafs zu einem vollständigen Erfolge der Druck noch 4 bis 5mal gröfser sein müsse. Einmal gelang es ihm, den kohlensauren Kalk zu einer wirklichen Schmelzung zu bringen: er schien in einem teigigen Zustande gewesen zu sein, wie geflossenes Siegellack.

Da die Annahme, es habe zur Zeit, als der körnige Kalk in jenen Gegenden des *Erzgebirges* und an anderen Orten seine dermalige Lagerung eingenommen hatte, die Atmosphäre einen 80 Mal, ja um einen vollständigen Erfolg zu erreichen, einen 320 bis 400 Mal so grofsen Druck ausgeübt, wie heut zu Tage, jeden Grund entbehrt: so müfsten wir mit Hutton und Hall voraussetzen, dafs das Aufsteigen und Eindringen des geschmolzenen kohlensauren Kalks unter einer vollkommen luftdicht abgeschlossenen Gebirgsdecke von mindestens 3400 bis 4300 Fufs Mächtigkeit statt gefunden habe.

Geben wir für einen Augenblick eine solche Voraussetzung

---

*) S. 243.

**) Transact. of the Roy. Soc. of Edinb. Year 1804. Im Auszuge in Gehlen's n. a. Journ. Bd. V. S. 287. — Nach Versuchen von Bucholz kann der kohlensaure Kalk selbst bei gewöhnlichem Luftdrucke in einer lebhaften Rothglühehitze eine anfangende Schmelzung, ohne merklichen Verlust von Kohlensäure erleiden.

zu, nehmen wir ferner an, bei einem Drucke von 320 bis 400 Atmosphären sei der geschmolzene kohlensaure Kalk so dünnflüssig, wie geschmolzene Butter: so gehört es gewifs zu den unmöglichen Dingen, dafs eine noch so dünnflüssige Masse in „feinverzweigte Spalten“ eindringen und dieselben ausfüllen könne, ohne dafs sie schon beim ersten Versuche einzudringen, zur Erstarrung käme, und sich so für immer den Eintritt selbst versperrte (S. 739). Hall's Versuche selbst führen noch auf andere Verhältnisse, welche, da wir sie in den Umgebungen der Lager und Gänge von körnigem Kalke nicht finden, die Vorstellung eines Aufsteigens im feuerflüssigen Zustande zu den unhaltbarsten Hirngespinnsten stempeln. Sobald nämlich der kohlensaure Kalk sich zu erweichen anfängt, greift er die Porcellanröhre, in welcher die Versuche angestellt wurden, stark an: es entsteht ein leichtflüssiges Glas, welches durch alle kleine Risse dringt und sich noch über den Berührungspunct des Kalks mit der Röhre verbreitet. Hatte man in die Röhre gepülverten Quarz und kohlensauren Kalk gestampft, so erfolgte bisweilen eine Vereinigung beider Substanzen, und es entstand eine Masse, welche deutliche Schmelzung zeigte.

Es ist klar, dafs die Spaltenwände, von welchem Gesteine sie auch sein mögen, zwischen denen der supponirte feuerflüssige kohlensaure Kalk aufgestiegen wäre, durch denselben noch bei weitem mehr hätten angegriffen werden müssen, als eine Porcellanröhre, welche aus einer Masse besteht, die dem Angriffe des geschmolzenen kohlensauren Kalks mehr, als irgend ein anderes Gestein widersteht. Wie hätten sich daher die so häufigen eckigen Bruckstücke von Grünstein und Glimmerschiefer in einer geschmolzenen Masse von kohlensaurem Kalke erhalten können, ohne mit derselben zusammengeschmolzen zu sein? — Statt dessen bewahren sie sogar ihre Ecken und scharfen Kanten. Die gänzlich unhaltbare Hypothese vom Aufsteigen eines geschmolzenen kohlensauren Kalks mufs demnach aus der Wissenschaft verbannt werden, wenn nicht an die Stelle des Forschens ein Träumen treten soll.

Das spätere Eindringen des körnigen Kalksteins kann, wie uns scheint, keine andere Erklärung finden, als dafs derselbe ein Zersetzungsproduct des Diorit und insbesondere der

Hornblende sei. Wollen die Plutonisten bei der Bildung des Glimmerschiefers durch eine plutonische Metamorphose beharren: so bleibt ihnen nur die Annahme übrig, dafs, nach einer solchen Bildung des Glimmerschiefers und seiner eingeschlossenen Dioritlager, eine spätere theilweise Zersetzung der letzteren in körnigen Kalkstein und in andere Producte eingetreten sei. Was diese Zersetzung betrifft, so kann aber von einer plutonischen Metamorphose nicht entfernt mehr die Rede sein; denn wenn die Kalkerde in der Hornblende zu einem Carbonat werden soll, so mufs Kohlensäure zugeführt werden, sei es durch Exhalationen aus der Tiefe oder durch atmosphärische Gewässer von oben, und wir sind im Reiche der Zersetzungsprocesse auf nassem Wege. Sollte diefs den Plutonisten noch nicht genügen: so verweisen wir auf die wasserhaltigen Mineralien in den mehr erwähnten Dioritlagern im *Erzgebirge*, (Chlorit, Talk, Pikrolith, Serpentin, Opal, Gyps), auf den Eisenkies, der schon in mäfsiger Hitze einen Theil seines Schwefels verliert, auf den Bleiglanz in unteren, Grün- und Weifsbleierz in oberen Teufen u. s. w. Fürwahr, wir würden es für das gröfste geologische Meisterstück eines Ultraplutonisten halten, wenn er eine solche Mannichfaltigkeit der verschiedensten Mineralien in ein System plutonischer Bildungen und plutonischer Metamorphosen zu bringen im Stande wäre.

Erscheinungen, wie sie sich in jenen Dioritlagern im *Erzgebirge* zeigen, müssen auch in anderen Gegenden wiederkehren, und man wird sie gewifs in genauen und sorgfältigen Beschreibungen finden.

Der Erzstock im *Taberg* in *Smaland* ist ein Hornblendegestein, das mitten im Gneifs in Gestalt eines isolirten Dammes sich erhebt, und worin das Magneteisen sowohl in Adern, als auch im innigen Gemenge mit Hornblende und Feldspath erscheint (Hausmann). Uebrigens enthält der Berg auch Grünstein (Diorit?), ähnlich dem übrigen, in *Smaland* so häufig vorkommenden Grünsteinen, und auch hier vom Gneifs umgeben, so dafs man mit Recht den *Taberg* als ein mächtiges, mit einer Menge Eisenerze imprägnirtes Grünsteinlager im Gneifs betrachten kann. Einige Zoll mächtige Gänge von Kalkspath und Bitterspath durchschneiden die Bergmasse in verschiedenen Richtungen; die mächtigsten sind von Saalbändern aus

grünem Serpentin umgeben (Hisinger). Auch das im feldspathreichen Gneifs brechende Eisenerzlager von *Staf* in *Södermanland* ist innig gemengt mit Hornblendestücken; aufserdem findet sich körniger Kalk. Dem Magneteisen zu *Dannemora* ist Chlorit innig beigemengt; Quarz begleitet es. Feinkörniger Kalkstein findet sich mit beigemengtem Grammatit, und nicht selten wird er von Kupferkies-Trümmern durchsetzt. Dieser Kalk schliefst sehr kleine Magneteisenkörner ein. Sondert man sie mittelst eines Magnets ab, so bleibt ein eisenhaltiger kohlensaurer Kalk, gemengt mit einer kohligen Substanz zurück. Auf den Erzstöcken zu *Dannemora*, wie auf vielen anderen, findet sich auch Bitumen theils in oberflächlichen Tröpfchen oder eingeschlossen in kleinen sphäroidalen Weitungen im Quarz oder Kalkspath: zum sichern Beweise, dafs wir hier ganz im Gebiete der wässrigen Bildungen sind. Im Magneteisen-Lager zu *Nordmarken* findet sich Grammatit, der auch im Kalkspath und Pikrolith vorkommt. Chlorit kommt gleichfalls vor. Im Magneteisen-Lager der *Agegrube* trifft man, neben Hornblende, mit der eigentlichen Lagermasse viel Quarz verwachsen an, der zuweilen Malakolith einschliefst*).

Zu *Arendal* **) finden sich Hornblendekrystalle entweder einzeln im Quarz oder Kalkspath eingewachsen, oder aufgewachsen in Höhlungen einer dichten Hornblende, die früher mit Kalkspath ausgefüllt gewesen zu sein scheinen, bald mitten in den Erzlagern, bald in den Nebengesteinen. Zuweilen findet man auch, beim Wegnehmen des die Krystalle bedekkenden Kalkspaths, nicht nur jene, sondern auch diesen auf der Berührungsfläche mit einer, dem Steinmarke oder der Bergseife ähnlichen Masse überzogen. Die dichte und krystalli-

*) Hausmann's Reise durch *Skandinavien* in d. J. 1806 und 1807. — L. v. Buch Reise durch *Norwegen* und *Lappland* 1810. — W. v. Hisinger's Versuch einer mineral. Geographie von Schweden. Aus der Handschrift übersetzt von Wöhler (1826) — G. Sukkow, die bedeutendsten Erz- und Gesteinlager im schwedischen Urgebirge 1831. — *Skandinaviens* Erzlagerstätten von Daubrée. Bearbeitet von G. Leonhard 1846.

**) Weibye in Karsten's und v. Dechen's Archiv Bd. XXII. S. 465 ff.

nische Hornblende kommt fast überall als ein Gemengtheil des Nebengesteins der Eisenerzlager vor.

Waren jene Höhlungen wirklich früherhin mit Kalkspath erfüllt, so ist eine spätere Bildung der Hornblende auf nassem Wege nicht im mindesten zu bezweifeln. Hornblende im Nebengesteine der Eisenerzlager deutet auf die Abstammung des Eisenerzes von der Hornblende, und der zersetzte Zustand derselben unterstützt diese Ansicht.

Im körnigen Kalke (*Kaasefjeld*-Grube auf der Insel *Langö*) fand Weibye Albitkrystalle, welche den Kalkspath nach allen Richtungen durchsetzen, ferner Talk und Tremolith. In einer andern Grube kommen Magneteisen-Octaëder in feinkörnigem Magneteisenstein, oder in, mit diesem verwachsenen Kalkspath vor. Diese Octaëder sind in einer dritten Grube einzeln und drusenweise in einem sehr feinkörnigen Gemenge aus Hornblende, Magneteisenstein und Albit, und in der Nähe von *Kragerö* einzeln oder drusenweise in kleinen Höhlungen des Hornblendegneifses, zum Theil in Drusen von Albitkrystallen eingewachsen, während doch mehrere, wenn nicht alle diese Höhlungen früher mit Kalkspath erfüllt gewesen zu sein scheinen. Weibye fand auch Magneteisen als einen sehr kleintraubigen Ueberzug auf Quarzdrusen. Die Magneteisensteinmassen sind häufig von gröfseren oder kleineren Kalkspath - Ausscheidungen begleitet und durch Trappmassen vom Nebengesteine abgelöst.

Die Hornblende findet sich also an den genannten Orten in Begleitung von Mineralien, welche wir im Vorhergehenden als Zersetzungsproducte derselben erkannt haben, und die also wahrscheinlich auch hier solche sind.

Die Umwandlung des Diorit in Chloritschiefer zeigt sich auch sehr bestimmt am *Ural*. Uie Unterlage des Seifengebirges *Schelesinskoi* war an einer Stelle Diorit mit vorwaltender Hornblende, an einer andern deutlicher Chloritschiefer. Wo in diesem Hornblende vorkommt, dürfte wohl stets auf einen umgewandelten Hornblendeschiefer zu schliefsen sein. Diefs ist der Fall bei einem Chloritschiefer aus der Gegend von *Slatoust*, worin sich grofse Hornblendekrystalle und feine Nadeln von Strahlstein finden. Das Magneteisen, welches sich nicht allein in den meisten von G. Rose beschriebenen Chlo-

ritschiefern *), sondern auch in gröfster Menge darin findet, indem manche mit den octaëdrischen Krystallen wie besäet sind, läfst gleichfalls auf eine Umwandlung aus einem Hornblendegestein schliefsen. Die Bitterspathkrystalle, welche im Chloritschiefer zu *Beresowsk* und *Newjansk* vorkommen, sind bemerkenswerth, weil sie eine theilweise Zersetzung eines Magnesiasilicats, wahrscheinlich in der Hornblende, anzeigen. Körniger Kalkstein, als Begleiter des Chlorit- und Hornblendeschiefers, ist nur auf dem Seifenwerk *Newinsko-Stolbinskoi* nachgewiesen. Da er als Zersetzungsproduct des Hornblendeschiefers stets eine tiefere Lage als dieser haben müfste, wenn er überhaupt in der Nähe zum Absatze gekommen sein sollte: so wird seine Gegenwart, ohne vorausgegangene bergmännische Arbeiten, selten zu ermitteln sein.

Da sich Hornblende in Speckstein umwandeln kann, und da dieser dem Talk so nahe steht: so mufs man auch eine Umwandlung des Hornblendeschiefers in Talkschiefer für möglich halten. Das Vorkommen des Strahlsteins im Talkschiefer, wie zu *Kyschtimsk*, wo die Strahlsteinkrystalle mit den im *Zillerthal* und am *St. Gotthardt* auf gleiche Weise auftretenden sehr überein kommen, zu *Neiwinsk* u. s. w., ist wohl ein sicheres Kennzeichen der Abstammung aus einem Hornblendegesteine. Auffallend ist, dafs der Talkschiefer an manchen Stellen sehr quarzig wird, und selbst grofse Quarzlager, wie zu *Suchowissimsk, Bissersk* und *Magdalinskoi-Kamen* enthält; denn nach S. 880 wird bei der Umwandlung der Hornblende in Talk kein Quarz ausgeschieden. Bei *Suchowissimsk* wechseln lagenweise Chloritschiefer und sehr quarziger Talkschiefer mit einander ab, und beide haben ein, dem benachbarten Hornblendeschiefer ähnliches Streichen. So sehr diefs für eine Abstammung jener Schiefer aus diesem spricht, so sonderbar erscheint es, dafs der Chloritschiefer nicht quarzhaltig ist; denn die Umwandlung der Hornblende in Chlorit ist mit einer Ausscheidung von Quarz verbunden (S. 880). Bei *Bissersk* wechseln Quarzfels, Talkschiefer und Chloritschiefer mit einander in Schichten, die dasselbe Streichen haben und vollkommen in einander übergehen. Talkiger Quarzfels setzt den

---

*) Reise u. s. w. Bd. II. S. 538.

Gebirgsrücken des *Urals* zusammen, und grenzt östlich an Hornblendegestein mit Gabbro und Magneteisenerz, westlich dagegen an graulichweifsen Marmor. Im *Magdalinskoi-Kamen* besteht der Hauptrücken aus Chlorit- und Talkschiefer, der zuweilen aufserordentlich quarzig wird, während die übrigen Rücken vielleicht sämmtlich aus Diorit zusammengesetzt sind. Endlich finden sich auch in manchen Talkschiefern Magneteisen und Bitterspath, wie in den Chloritschiefern. Dafs hier Beziehungen zwischen Hornblendegesteinen und anderen Gesteinen, welche aus diesen hervorgehen können, statt finden, ist nicht zu verkennen.

In den Staaten von *New-York*, *Connecticut*, *Massachusetts*, *Nord-Carolina* *) trifft man Stöcke von Magneteisen und von verschiedenen Schwefelmetallen, welche die gröfste Aehnlichkeit mit den Stöcken *Schweden's* zu haben scheinen. Sie führen die nämlichen Mineralien und sind ebenfalls verbunden mit Stöcken von krystallinischem Kalk, von Hornblendegesteinen und von Serpentin, zuweilen auch, wie zu *Raleigh* in *Nord-Carolina* **), mit mächtigen Graphitlagerstätten.

Eine solche häufige Wiederkehr gleicher Erscheinungen mufs gleiche Ursachen haben. Ueberall sehen wir die Hornblende auftreten und mit ihr nahe dieselben Zersetzungsproducte.

Daubrée bemerkt ganz richtig, dafs die Gegenwart des Anthracit in zahlreichen vom Gneifse *Skandinavien's* umschlossenen Erzstöcken, das Vorkommen einer kohligen Substanz im Kalke von *Dannemora*, die Vermuthung wahrscheinlich machen, dieses in *Skandinavien* und in *Finnland* so weit erstreckte Gebilde sei sedimentären Ursprungs ***). Er nennt das Vorkommen von Erzen in den Stöcken *Schweden's* im innigen Gemenge mit Mineralien, die man aufserdem nur in Felsarten plutonischer Abkunft trifft, wie Hornblende, Augit,

---

*) Mather in Silliman American Journ. XXI. (1813) p. 97. — Hitchock Geology of Massachusetts — Shepard on Connecticut.

**) Prof. Oelmsted's report in Silliman Journ. XIV. (1828) p. 230.

***) Es ist diefs eine Schlufsfolge, welche von Elie de Beaumont auf den Gneifs der *Vogesen* und anderer Gegenden anwendbar ist. Explication de la Carte géologique de France. T. I. p. 514.

Epidot, Glimmer und verschiedene Zeolithe, wozu sich noch kohlige Substanzen und Bitumen gesellen, ein Gewirre. Ein solches wird es immer bleiben, wenn jene Mineralien nur für plutonische Bildungen genommen werden.

Daubrée als beschreibender Geognost kommt mit dem erklärenden in Widerspruch. In der Nähe der Lagerstätten jener Erze und Mineralien geht der Gneifs am häufigsten in Glimmer- oder Hornblendeschiefer über, und die Erze verbinden sich selbst durch ein allmäliges Vermengen mit diesen Gesteinen, oder mit dem Gneifs. Das Bitumen, so wie die das Erzlager bildenden Substanzen sollen aus einer Destillation brennbarer Mineralkörper hervorgegangen, jenes aber vor der Bildung der Quarz- und Kalkspathkrystalle, von welchen dasselbe umschlossen ist, abgesetzt worden sein.

Zugegeben für einen Augenblick den dunklen Begriff einer solchen Destillation, so mufs doch gefragt werden, ob auch die Kieselsäure und der kohlensaure Kalk Destillationsproducte sein sollen? Da Daubrée diese Frage gewifs verneinen wird, so müfsten diese feuerbeständigen Substanzen auf anderem Wege an ihre Stelle geführt worden sein. Ist aber der kohlensaure Kalk eine der jüngsten Bildungen, so ist nicht zu begreifen, wie in den Gruben von *Aaserud* und *Narverud* ein Hornblendegestein, in dessen Hangendem und Liegendem Eisenerz auftritt, Gänge im Kalk bilden könne, und wie überhaupt sehr viele Eisenerzstöcke Kalk zum Hangenden und Liegenden haben. In diesem Falle werden diese Erze von Silicaten, welche Kalkerde enthalten, wie Granat, Epidot u. s. w. begleitet, und diese sollen sich, nach Daubrée, auf Kosten des kohlensauren Kalks (und wohl auf feuerflüssigem Wege?) bilden. Dem gemäfs wäre also der kohlensaure Kalk die ursprüngliche und das Kalksilicat die secundäre Bildung, und so kämen wir dahin, dafs an einer Stelle der kohlensaure Kalk eine der ältesten und an einer andern eine der jüngsten Bildungen wäre.

In solche Widersprüche verwickelt man sich, wenn man alle Veränderungen im Mineralreiche auf feuerflüssigem Wege erklären will. Ist es nicht viel natürlicher, eine Zersetzung der Kalksilicate auf nassem Wege, als umgekehrt eine Bildung derselben aus kohlensaurem Kalke anzunehmen, da sich jene Zersetzung bei allen Kalksilicaten nachweisen läfst? Sind

auch im kohlensauren Kalke die Kieselsäure und die übrigen zur Bildung von Augit, Granat und Epidot erforderlichen Basen vorhanden?

Ueber die plutonische Metamorphose sedimentärer Massen, woraus Gneifs entstanden ist, spricht sich Daubrée nicht aus; kaum dürfte er jedoch auf seinem Standpuncte eine andere, als die plutonische Ansicht haben. Können aber daraus die verschiedenen, das Gepräge der Succession an sich tragenden Bildungen in ihm und in seinen Zwischenlagern erklärt werden? — Nothwendig hätten die auf solche Weise metamorphosirten Massen erkalten müssen, wenn Spalten in ihnen hätten entstehen sollen, welche später mit neuen Substanzen erfüllt worden wären. Die plutonische Metamorphose hätte auf's Neue beginnen müssen, und es wäre daher ein Wechsel von Erkalten und Wiedererhitzen anzunehmen. Wie soll man aber einen solchen Wechsel begreifen, welche physikalische Ursache hätte ihn herbeiführen können? — Doch man wird Zuflucht zum Aufsteigen eruptiver Massen nehmen, und solche Eruptionen so oft wiederholen lassen, als man es braucht. Uebrigens sagt Daubrée von den granitischen Gängen und Adern, welche die Erzlager und mitunter auch den umschliefsenden Gneifs scharf durchsetzen, dafs sie mehr den Charakter von Secretionen tragen, als von injicirten Gängen, indem sie nur auf unbedeutender Strecke fortsetzen.

Wir vermögen in der That nicht, wenn wir uns auch ganz auf den Standpunct der Ultraplutonisten zu stellen suchen, den Wirwarr zu enträthseln, der uns bei Betrachtungen einer solchen Mannichfaltigkeit von Bildungen, wie in den angeführten Localitäten umstrickt. Und es dürfte auch ihnen nicht gelingen, wenn sie den ganzen Complex von Erscheinungen stufenweise verfolgen, und nicht blofs bei allgemeinen plutonischen, plutonisch-metamorphischen und eruptiven Redensarten stehen bleiben.

Wir sind schon früher (S. 352 Anm.) zu dem Schlusse gekommen, dafs jeder Gedanke an eine plutonische Metamorphose des Gneifses aufgegeben werden müsse. Ist aber dessen sedimentärer Ursprung nicht zu bezweifeln: so kann sein Uebergang in ein krystallinisches Gestein nur auf nassem Wege gedacht werden. Dieselbe Bewandtnifs mufs es mit

den Lagern, die in ihm eingeschlossen sind, haben, und wir können keinen Anstand nehmen, die Hornblende, welche wir in ihm finden, oder den Hornblendeschiefer, in den er übergeht, für eine Metamorphose auf diesem Wege zu halten. Nur dann ist zu begreifen, wie die ersten Producte einer solchen Metamorphose einer ganzen Reihe von weiteren Metamorphosen unterlegen sind, und wie sich die ursprünglich pêle-mêle gemengten Substanzen immer mehr von einander sonderten, bis endlich als letzte Producte gewässerte Mineralien (Chlorit, Speckstein, Talk, selbst Glimmer und Zeolithe), Carbonate (körniger Kalk, Kalkspath, Dolomit, Bitterspath) Quarz und Eisenerze daraus hervorgegangen sind. Nur dann kann ein Causalnexus zwischen Gängen und ihrem Nebengesteine gedacht werden, und das plötzliche Aufhören der Kupfererzgänge im Diorit, wenn sie das Schiefergebiet erreichen, welches Daubrée *) als eine auffallende Erscheinung anführt, wird nicht mehr auffallend erscheinen. Sind nämlich die Kupfererze nur im Diorit, nicht aber im Schiefer enthalten: so können sie auch blofs im Diorit ausgeschieden werden. Die Spaltenbildung ist dann nur eine locale Erscheinung im Diorit und sollte sie auch bis in den Schiefer fortsetzen: so könnte die Gangmasse doch nur unterhalb, nicht oberhalb des Diorit geführt worden sein, wie wir Bd. I. S. 907 ff. gezeigt haben.

---

*) A. a. O. S. 34.

# Kap. XII.

## Verhalten der Hornblendegesteine und Grünsteine zum Thonschiefer. Metamorphische Processe auf nassem Wege im Allgemeinen. Umwandlung sedimentärer Gesteine in Hornblendegesteine, Grünsteine und in Syenit.

---

So verschieden auch die Ansichten über die Bildung der Hornblendegesteine und Grünsteine sein mögen, darin stimmen die Geognosten überein, dafs sie, im Wechsel mit Thonschiefer, in inniger Beziehung zu demselben stehen.

Credner *) beschreibt Grünsteine mit Hornblendeparthien am *Thüringer Walde*, die durch Gesteins-Uebergänge in inniger Beziehung zum Thonschiefer stehen, und mit ihm eine gleichförmige Lagerung haben. Bei *Lössnitz*, *Hartenstein* und *Auerbach* im *Erzgebirge* bildet der Grünstein gleichförmig eingelagerte liegende Stöcke im Thonschiefer. An vielen Punkten wechseln Grünsteinschiefer und Thonschiefer ganz bestimmt lagenweise mit einander, oder der Grünstein ist von Thonschieferschichten umschlossen. Auch bemerkt man hier und da einen Uebergang des Grünsteinschiefers in den benachbarten Thonschiefer durch Vermittelung eines grauen, anscheinend etwas Hornblende enthaltenden Quarzschiefers. Von einem Durchbrechen des Grünsteins durch die Schichten des Thonschiefers ist nirgends eine Spur vorhanden. Der den Grünstein umgebende Thonschiefer ist meist Dachschiefer **).

---

*) n. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1843. S. 276 ff.

**) Freiesleben in Naumann's Erläuterungen u. s. w. Heft II. S. 275.

Im *Wildenfelser* Uebergangsgebirge bilden die Grünsteine die höchsten Kuppen, welche fast genau auf der Grenze des Urschiefergebirges und Grauwackengebirges gelegen sind. Die ausgedehnteren Massen, welche sich von zweien dieser Kuppen in das Gebiet des Uebergangsgebirges verbreiten folgen nicht den Richtungen, die in den Structur- und Lagerungs-Verhältnissen der wesentlichen Glieder dieses Uebergangsgebirges hervortreten. Naumann *), dem wir die Entzifferung dieser Verhältnisse verdanken, bemerkt hierbei, dafs sich auch anderwärts die im Gebiete des Uebergangsgebirges vorkommenden Grünsteine auf ähnliche Weise verhalten.

Einen schlagenderen Beweis gegen die Bildung solcher Grünsteine auf eruptivem Wege kann es wohl nicht geben.

Zippe **) führt Knollen und Kugeln von Grünstein an, welche bei *Kuchelbad* ringsum vom Thonschiefer eingeschlossen in der Nähe der Grünsteinlager und Grünsteinstöcke vorkommen; mehrerer anderer ähnlicher Verhältnisse nicht zu gedenken. Naumann ***), obgleich festhaltend an der Bildung krystallinischer Gesteine auf plutonischem Wege, kann doch nicht umhin zu bemerken, „dafs der in regelmässigen Schichten auftretende Hornblendeschiefer einen so zweifelhaften Character zur Schau trage, dass man sich noch nicht über seine eigentliche Bildungsweise aussprechen kann.“ Für die Möglichkeit der Bildung von Hornblende auf hydrochemischem Wege spricht vielleicht, fügt er hinzu, die interessante Beobachtung von Daubrée, welcher bei *Rothau*, in einem mit Versteinerungen erfüllten Gesteine, freilich (?) an der Grenze eines trappartigen Hornblendegesteins, Hornblende und Epidot fand †). Dafs dieses Vorkommen der Hornblende nicht der

*) A. a. O. S. 307.

**) Abhandl. d. k. böhm. Ges. d. Wiss. V. Folge. Bd. IV. S. 17.

***) Lehrb. d. Geogn. Bd. I. S. 744.

†) Comptes rendus T. XVIII. 1844. P. 870. Ganz nette Abdrücke von Calomopora spongites sind von diesen Mineralien und von körnigem Kalke umgeben. Neben diesen organischen Ueberresten finden sich Höhlenräume mit glänzenden Strahlsteinkrystallen, Epidot und Quarz bekleidet, in einem derselben auch kleine

einzige Beweis für ihre hydrochemische Bildung ist, haben wir oben (S. 860 ff. 864 und 966.) gesehen. Kurzen Procefs macht Rivière *). Die dioritischen Gesteine sind, sagt er, stets plutonischen Ursprungs; daher erscheinen sie niemals wirklich geschichtet.

Der Hornblendeschiefer bildet untergeordnete Lager im Thonschiefer. Die neuesten sorgfältigen geognostischen Untersuchungen Beyrich's **) liefern, unter andern, bemerkenswerthe Beispiele dieser Art im südlichen oder *Glätzer* Uebergangsgebirge.

In dem Bezirke der dasigen Urschiefer treten herrschend auf: Hornblendeschiefer, grüne Schiefer und Thonschiefer, diesen untergeordnet dünnflasriger Gneifs und Glimmerschiefer und Lager von körnigem Kalksteine. Die Hornblendeschiefer sind zum Theil ausgezeichnete krystallinische Gemenge von Hornblende und von weifsem Feldspath, in welchen die Hornblende, gewöhnlich in sehr regelmäfsigen und ebenen Lagen parallel der Schieferung, den Feldspath einschliefst. Zwischen diesen Gesteinen kommen einzelne Lager oder Parthien vor, wo die Schieferung weniger regelmäfsig wird, und das Gefüge sich dem körnigen nähert; aber solche Stellen sind untergeordnet und können nicht mit massigen Gesteinen verwechselt werden. Verbreiteter sind andere Hornblendeschiefer, in denen der Feldspath für das Auge fast ganz oder ganz zurücktritt, und die Hornblende allein, in sehr kleinen Individuen zertheilt, das Ansehen des immer noch krystallinisch-schiefrigen Gesteins bedingt. Diese sind an allen Orten ihres Vorkommens verbunden mit unreinfarbigen, grünlichen Thonschiefern, welche man als ein Mittelgestein zwischen Hornblendeschiefer und Thonschiefer anzusehen geneigt wird, und die übergehen in sehr reine und frische, glänzende Thon-

---

Axinitkrystalle. Wir stimmen ganz mit Daubrée überein, dafs die Krystallisation dieser Mineralien, ohne vorhergegangene Schmelzung der Masse eingetreten ist. Sollte er sich aber eine hohe Temperatur vorbehalten haben, so stimmen wir mit ihm nicht überein.

*) Ebendas. 1844. No. 26.

**) Zeitschrift d. deutschen geol. Ges. Bd. I. S. 66 ff.

schiefer von bläulich-schwarzer Farbe. Zwischen den grünen Schiefern zeigt sich an vielen Orten, ihnen in festeren Bänken untergeordnet und mit ihnen wechsellagernd, ein eigenthümliches Gestein, welches durch Aufnahme von reichlichem Feldspath ein gneifsähnliches Ansehen erhält, aber zwischen dem Feldspathe keinen Quarz, sondern nur in verworren schiefrigem Gefüge ein undeutlich sich sonderndes Gemenge von Glimmer und Hornblende unterscheiden läfst.

Der Vorstellung, dafs die Hornblendeschiefer gebackene Thonschiefer seien, steht, wenn ihr nicht schon an sich jedes empirische Fundament fehlte, in vorliegendem Falle der Umstand entgegen, dafs massige Gesteine, welche als feuerflüssige Massen die sedimentären Gesteine hätten backen sollen, innerhalb des Bezirkes nördlich einer vom *rothen Berge* bei *Piltsch* gegen *Nieder-Hansdorf* hin gezogenen Grenzlinie, nirgends vorkommen. Ein an diesem Berge zwischen schiefrigen Urgesteinen „hervorbrechendes plutonisches" Gestein ist nur der letzte Ausläufer der, den Bezirk des *ostglätzer* Syenit charakterisirenden „plutonischen" Bildungen. Doch man wird vielleicht keinen Anstand nehmen, die metamorphosirenden Gesteine in der Tiefe oder irgendwo verborgen vorauszusetzen (S. 351 Anmerk.).

Beyrich ist, nach gefälligen brieflichen Mittheilungen, der Ansicht, dafs die Hornblendeschiefer, welche in dem *Glätzer* Urgebirge mit Thonschiefer und Pseudo-Gneifsgesteinen wechsellagern, wohl nie etwas anderes gewesen zu sein brauchen, als Hornblendeschiefer, und dafs dasselbe auch von anderwärts vorkommenden, dem Gneifs und Glimmerschiefer eingelagerten Hornblendegesteinen gelte. Er hebt den Umstand hervor, dafs in unsern deutschen versteinerungsführenden Uebergangsgebirgen doch wohl nirgends eigentliche krystallinische Hornblendegesteine vorkommen, während andere für metamorphisch gehaltene Gesteine, die Schalsteine und was dazu gehört, ebenso an das versteinerungsführende Uebergangsgebirge gebunden zu sein scheinen, wie die Hornblendeschiefer an das versteinerungsleere Grundgebirge. Das Gebundensein bestimmter Verhältnisse an gewisse Formationen und selbst an bestimmte Niveau's innerhalb der Formationen ist, wie es ihm fast scheint, bisher noch nicht hinreichend in

den verschiedenen Vorstellungen über Metamorphosen berücksichtigt worden, und erzeugt grofse Schwierigkeiten gegen dieselben überhaupt.

Zwischen den Ansichten Beyrich's, dafs die Hornblendeschiefer ursprüngliche, und den unsrigen, dafs sie auf hydrochemischem Wege metamorphosirte Bildungen seien, ist nur eine geringe Kluft. Sind diese Hornblendeschiefer ursprünglich als solche und, wie die Thonschiefer, auf sedimentärem Wege gebildet worden: so setzt diefs ein Material in solcher Zusammensetzung als gegeben voraus, dafs sogleich eine Ablagerung der Sedimente im krystallinischen Zustande erfolgen konnte. Können Hornblenden und Feldspathe auf nassem Wege entstehen, und daran ist nicht mehr zu zweifeln: so werden sie sich gewifs ebenso während des langsamen Absatzes der Sedimente, wie nach demselben durch eine Metamorphose bilden. In ersterem Falle mufs nur die eben genannte Bedingung, dafs alle Bestandtheile zur Bildung krystallisirter Mineralien vorhanden waren, statt gefunden haben, während in letzterem Falle durch Gewässer das Fehlende hinzugeführt und das Ueberschüssige fortgeführt worden sein konnte. Das Hauptagens zur Bildung oder zur Umwandlung, das Wasser, war in beiden Fällen gegeben; nur dafs, wenn die Bildung durch eine Metamorphose erfolgte, diese lange nachher, als das sedimentäre Gestein schon aus dem Meere sich erhoben hatte, mit Hülfe der durchdringenden Meteorwasser von Statten gegangen sein konnte. Der Umstand, dafs auf den Schieferungsflächen der versteinerungsleeren grünen Schiefer bisweilen deutlich Hornblende hervortritt, und dafs auch im Glimmerschiefer, in welchen der versteinerungsleere Thonschiefer übergeht, die Schieferung ganz abhängig vom Blätterdurchgange des Glimmers ist und mit der Schichtung übereinstimmt, spricht für die Metamorphose; denn auf den Schieferungsflächen fliefsen vorzugsweise die Gewässer, welche hier leichter, als in der Masse des Gesteins selbst, Umwandlungen zu bewirken im Stande waren. Sind übrigens die Hornblendeschiefer ursprüngliche oder metamorphische Bildungen: so konnte die Metamorphose auch im Meerwasser von Statten gegangen sein; denn eine Flüssigkeit, welche alles Lösbare enthält, bietet die günstigsten Bedingungen dazu dar.

Mögen die im Meerwasser schwebenden Theile im Momente ihres Absatzes, oder nach demselben, aber noch im Meerwasser krystallisiren, oder mögen die Sedimente erst nach ihrer Erhebung über das Meer, in Folge der sie durchdringenden Meteorwasser, zur Krystallisation kommen, immer müssen wir fragen, ob die Bestandtheile der Sedimente so geordnet zu denken sind, dafs daraus krystallisirte Mineralien entstehen können.

Schon bei verschiedenen Gelegenheiten haben wir der metamorphischen Processe auf nassem Wege in ganzen Gebirgsmassen gedacht. Einer späteren Stelle haben wir aber vorbehalten, diese Processe in ihrer Allgemeinheit zu betrachten; denn wir mufsten erst Beweise für die Bildung gerade derjenigen Mineralien aufsuchen, welche die Hauptgemengtheile der krystallinischen Gesteine ausmachen. Hier ist der schicklichste Ort für diese Betrachtungen, weil wir in diesem und in den meisten der folgenden Kapitel auf solche Processe kommen.

Ein Mineral, welches weder Sauerstoff, noch Kohlensäure, noch Wasser aufnehmen kann, sollte, wie es scheint, eine ewige Dauer haben. Diesem widerspricht aber die tägliche Erfahrung. Wo die Atmosphärilien nicht mehr zersetzend wirken, da wirken sie (Wasser und Kohlensäure) auflösend.

Unsere Untersuchungen haben sich vorzugsweise um einen Punkt, um die Löslichkeit aller Silicate, Carbonate, Sulphate u. s. w. im Wasser gedreht. Aber nur in seltenen Fällen haben wir diese Löslichkeit bestimmt. Wir sagten (Bd. I. S. 874.) absolute Unlöslichkeit ist eine Eigenschaft, welche den im Mineralreiche am meisten verbreiteten Substanzen, den Oxyden und Salzen, besonders den Silicaten, keineswegs zukommt. Eine bei der Analyse eines Mineralwassers wahrgenommene Erscheinung (S. 875.) zeigte recht auffallend die Löslichkeit von Stoffen, die man in den chemischen Lehrbüchern zu den unlöslichen zu zählen pflegt. Entschieden wurde, wie wir glauben, dargethan (Bd. II. S. 209 ff.) dafs die pseudomorphischen Processe nur auf nassem Wege erfolgen können. Die verdrängten, wie die an ihre Stelle getretenen Mineralien müssen daher im Wasser löslich oder durch dasselbe zersetzbar sein. Gleichwohl ist es sehr erwünscht,

hierher gehörige directe Versuche anführen zu können, welche W. B. Rogers und R. E. Rogers angestellt *), und dadurch wichtige Beiträge zur Einsicht in die metamorphischen Processe in den Gebirgsmassen geliefert haben.

Sie fanden, dafs Wasser mit Kohlensäure gesättigt und selbst meist reines Wasser folgende Mineralien und Gebirgsarten theilweise zersetzt und auflöst **).

| | | |
|---|---|---|
| Kalifeldspath | Chalcedon | Obsidian |
| Natronfeldspath | Epidot | Lava |
| Lithionfeldspath | Analcim | Grünstein |
| Glasiger Feldspath | Mesotyp | Gneifs |
| Labrador | Skolezit | Hornblendeschiefer |
| Glimmer | Axinit | |
| Leucit | Prehnit | |
| Turmalin | Talk | |
| Augit | Speckstein | |
| Kockolith | Chlorit | |
| Hypersthen | Serpentin | |
| Hornblende | | |
| Strahlstein | | |
| Grammatit | | |
| Asbest | | |
| Olivin. | | |

Die fein gepulverten Mineralien wurden auf einem Filter von gereinigtem Papier mit destillirtem Wasser behandelt, und das Filtrat mit Reagentien geprüft. Zugleich wurde aber auch das Pulver mit Wasser von Zeit zu Zeit geschüttelt und das abfiltrirte Wasser zur Trockne abgedampft. Beide Operationen wurden ein Mal mit luftfreiem, reinen Wasser, das andere Mal mit Wasser, welches mit Kohlensäure gesättigt war, vorgenommen.

Wenn das Mineral vor dem Uebergiefsen mit Wasser sehr fein gepülvert war: so gab gewöhnlich schon der erste Tropfen, welcher abfiltrirte, Spuren eines Alkali oder einer

*) Nach gefälliger Mittheilung eines Extraabdruckes aus dem American Journal of Science and Arts von den Verf., ohne Angabe des Bandes und Heftes (1848).

**) Auch verschiedene Glassorten, chinesisches Porcellan und Wedgewood wurden angegriffen.

alkalischen Erde zu erkennen. In weniger als zehn Minuten zeigte sich schon das Auflösungsvermögen des kohlensauren Wassers und durch Zurückgiefsen der abfiltrirten Flüssigkeit nahm die Wirkung zu. Beim reinen Wasser war sie viel schwächer und forderte längere Zeit. Aber bei fast allen oben aufgezählten Substanzen war sie ganz unzweideutig und bei einigen sehr intensiv. In einem einzigen Tropfen klar filtrirter Flüssigkeit war die Gegenwart der Alkalien, des Kalks oder der Magnesia entschieden zu erkennen.

Durch fortgesetzte Digestion der gepülverten Mineralien mit kohlensaurem Wasser 48 Stunden, und mit reinem Wasser eine Woche lang wurde manchmal so viel ausgezogen, als zu einer quantitativen Analyse erforderlich war. So erhielt man aus Feldspath, Hornblende, Strahlstein, Epidot, Mesotyp, Chlorit, Serpentin u. s. w. so viel Kieselsäure, Alkali, Kalk, Magnesia, Eisenoxyd und Thonerde, dafs deren Menge 0,4 bis 1 Proc. vom Fossil betrug. Die Alkalien und alkalischen Erden wurden als Carbonate erhalten, das Eisen aus Hornblende und Epidot ging während des Abdampfens aus dem Zustande des Carbonats in den des Eisenoxydhydrats über.

Die meisten der angeführten Mineralien, in einem Chalcedonmörser fein gepülvert, und mit reinem Wasser in einem Platintiegel befeuchtet, reagirten entschieden alkalisch auf gefärbte Papiere. Feldspath, Glimmer, Hornblende, Grammatit, Asbest, Chlorit, Serpentin zeigten diese Reaction am stärksten *). Bemerkenswerth ist, dafs diese Reaction bei den Magnesia- und Kalk-Magnesia-Silicaten schneller und stärker, als bei den Feldspathen und bei den meisten andern alkalischen Mineralien erfolgte.

Die verhältnifsmäfsig leichtere Zersetzbarkeit der Magnesia- und Kalk-Magnesia-Silicate durch kohlensaures und selbst durch reines Wasser erklärt, wie die Verf. bemerken,

---

*) Die Verf. bemerken, dafs gepülvertes Glas diese Reaction besonders stark zeige. Schon vor langer Zeit (Kastner's Archiv 1824. Bd. I. S. 442.) habe ich gefunden, dafs das mit einer Feile abgefeilte Glaspulver schon auf der Zunge einen auffallenden alkalischen Geschmack verspüren läfst.

die schnelle Zersetzung der Gesteine, welche hauptsächlich aus Hornblende, Epidot, Chlorit u. s. w. bestehen, ohne die Wirkung eines Alkali ansprechen zu müssen.

Auf die leichte Zersetzbarkeit der Kalksilicate-haltenden Mineralien haben wir schon an verschiedenen Stellen aufmerksam gemacht. Ob diefs aber auf diejenigen Mineralien ausgedehnt werden darf, welche blofs Magnesiasilicat enthalten, erscheint zweifelhaft. Der Glimmer selbst zeugt dagegen. Es sind also wohl stets geringe Mengen Kalk in den Magnesiahaltigen Mineralien, welche ihre Zersetzbarkeit bedingen.

Wöhler's *) sehr interessanter Versuch, Apophyllit in wässrige Auflösung zu versetzen und daraus wieder in Krystallen zu erhalten, zeigt, dafs ein Mineral sich ohne alle Zersetzung im Wasser auflösen kann. Diese Auflösung fand zwar nur in einem sehr heifsen Wasser statt, und nach Bunsen wirkt kaltes nicht im mindesten ein; allein da die Gebrüder Rogers ähnliche Zeolithe und andere Mineralien, von denen noch viel weniger die Auflösbarkeit im Wasser zu vermuthen gewesen wäre, doch darin aufgelöst haben: so wird kaltes Wasser schwerlich ohne alle Wirkung auf Apophyllit sein. Ohne besondere auf diesen Zweck gerichtete Versuche kann aber freilich diese Auflösbarkeit nicht erkannt werden.

Heidepriem **) fand, dafs Diopsid, drei Tage lang mit concentrirter Salzsäure digerirt, 11,23 Proc. von seinem Gewichte verlor, und dafs der aufgeschlossene Theil nahe mit der Zusammensetzung des Diopsid selbst übereinstimmte ***). Verknüpfen wir damit die von den Gebrüdern Rogers ge-

---

*) Jahresbericht von Liebig und Kopp. 1847 und 1848. Heft V. S. 1262.

**) Zeitschr. d. deutschen geolog. Gesellsch. Bd. II. S. 140.

***) Dieser Versuch bestätigt abermals die oben (Bd. II. S. 627 ff.) gegen die Analyse der Gebirgsgesteine nach dem gesonderten Verfahren erhobenen Bedenklichkeiten; denn wenn auch das, was vom augitischen Gemengtheile durch die Säure aufgeschlossen wird, eben so zusammengesetzt ist, wie der unaufgeschlossene Antheil: so hat diefs doch auf das Resultat der Analyse den nachtheiligen Einflufs, dafs die Menge des Augit zu gering bestimmt wird, und dafs zu der durch Salzsäure aufgeschlosse-

fundene Auflöslichkeit des Augit in reinem Wasser: so müssen wir für wahrscheinlich halten, dafs auch diese Flüssigkeit das Mineral ohne Zersetzung auflöst, und um so mehr, da das Wasser, mit nur sehr wenigen Ausnahmen, als reines Auflösungsmittel ohne Zersetzung wirkt, während die Salzsäure, da sie mit den Basen eines zusammengesetzten Körpers Verbindungen von verschiedener Löslichkeit eingeht, nur defshalb wie Wasser wirken kann, weil sie mit diesem gemischt ist. Diese vorausgesetzte Löslichkeit des Augit im Wasser ohne Zersetzung findet übrigens in der Löslichkeit des Apophyllit im Wasser ihre Analogie, und sie erklärt die Bildung der Mineralien in Spalten und Drusenräumen: mögen dieselben wasserhaltige (Zeolithe), oder wasserfreie (Feldspath, Hornblende, Augit u. s. w.) sein.

Was die Gewässer in kurzer Zeit ausrichten, wenn ihnen die Mineralien im fein gepülverten Zustande dargeboten werden, das werden sie auch in längerer Zeit bewirken, wenn die letzteren, womit sie in Berührung kommen, in mehr oder weniger gröfseren Stücken vorhanden sind. Es ist kein anderer Unterschied, als dafs die Berührungsflächen der Mineralien um so mehr abnehmen, je gröfser die Massen werden.

Die farbigen Erscheinungen zwischen fast sich berührenden Gläsern gestatten eine Berechnung aufserordentlich kleiner Zwischenräume. Newton hat den kleinsten Zwischenraum, welchen die weifse Farbe giebt, auf etwas mehr als $\frac{1}{14000}$ Linie festgesetzt, und Hauy hat aus der verschiedenen Lichtbrechung des Glimmers berechnet, dafs ein Glimmerblättchen, welches dieselbe Wirkung, wie jene Luftschicht giebt, $\frac{1}{900000}$ Linie dick sein müsse *). Zerspaltete man einen Glimmerwürfel von 1 Zoll Seite in Blättchen von dieser Dicke:

---

nen Masse Bestandtheile kommen, welche die Bestimmung der darin enthaltenen Mineralien stören.

Der Bemerkung Heidepriem's, dafs es wohl kein kieseliges Mineral geben möchte, welches der Einwirkung einer starken Säure ganz widersteht, und dafs man in diesem Falle die Silicate, hinsichtlich ihres Verhaltens zu den Säuren, besser in durch Säuren leicht oder schwer aufschliefsbare classificiren würde, können wir nur vollkommen beipflichten.

*) Ehrenberg in Poggend. Annal. Bd. XXIV. S. 25.

so würden die Berührungsflächen sämmtlicher Blättchen 150000 Quadratfufs betragen. Nehmen wir an, ein Mineral könne so fein gepülvert werden, dafs jedes Stäubchen, welches wir uns, der Einfachheit wegen, als einen Würfel denken wollen, so dick wie jene Blättchen sei, mithin $\frac{1}{900000}$ Linie Seite habe: so würde ein Würfel von 1 Zoll Seite

$$900000^3 \,.\, 1728 = 1259712000000000000000$$

solcher Stäubchen geben. Wir zweifeln sehr, dafs auf mechanischem Wege, d. h. durch Zerreiben in einer Reibschale eine solche Zertheilung bewirkt werden könne; wir wollen sie aber annehmen, um einen Anhaltepunct zu gewinnen. Die Gesammtoberfläche dieser Stäubchen würde dann 3 . 150000 = 450000 Q. Fufs, betragen: d. i. ein Quadrat von 670 Fufs Seite sein. Da nun ein Würfel von 1 Zoll Seite eine Oberfläche von 6 Quadratzoll hat: so verhält sich diese Oberfläche zu der jener Stäubchen wie 6 : 64800000 = 1 : 10800000.

Es ist wohl erlaubt anzunehmen, dafs die Zeiten, in welchen das auf ein Mineral zersetzend oder auflösend wirkende Wasser gleiche Effecte hervorbringt, sich umgekehrt wie die sich darbietenden Berührungsflächen verhalten. Wird daher ein Mineral so weit zertheilt, dafs sich die Berührungsflächen um das 10 Millionenfache vermehren, und löset davon Wasser in einer gewissen Zeit eine gewisse Menge auf: so wird, wenn sich das Mineral als unzertheilter Körper dem Auflösungsmittel darbietet, erst in einer 10 Millionen Mal so langen Zeit derselbe Effect hervorgebracht werden.

In der obigen Abhandlung wird angeführt, dafs von 40 Grains fein gepülverter Hornblende, 48 Stunden lang mit kohlensaurem Wasser behandelt, 0,355 Gr. (Kieselsäure, Eisenoxyd, Kalk, Magnesia) aufgelöst wurden. Unter übrigens gleichen Umständen würde bei 112maliger Wiederholung, jedes Mal mit frischem Wasser, eine vollständige Auflösung erfolgen. Dazu würde also eine Zeit von 224 Tagen erforderlich sein. Behandelte man nun 40 Gr. Hornblende im ungepülverten Zustande, in welchem, nach der Voraussetzung, die Berührungsflächen nur $\frac{1}{10000000}$ von denen im fein gepülverten betrügen: so würden, wenn sich in je 2 Tagen das Wasser immer erneuerte, zur gänzlichen Auflösung 2240 Millionen Tage oder etwas über 6 Millionen Jahre erforderlich sein.

Wie überall, so auch hier, kommen wir auf grofse geologische Perioden, wenn wir versuchen, die Zeit der im Mineralreiche von Statten gehenden Wirkungen approximativ zu berechnen. Jener Zeitraum von 6 Millionen Jahren vergröfsert sich noch, wenn das Wasser, womit ein etwa im Gestein eingeschlossener Hornblendekrystall in Berührung kommt, in einem geringeren Verhältnisse zutritt, als jene Berechnung voraussetzt. Auf der andern Seite ist zu beachten, dafs kein Mineral, am wenigsten die sehr vollkommen spaltbare und sehr häufig zerklüftete und poröse Hornblende, völlig undurchdringbar vom Wasser ist. Dringen aber die Gewässer durch die Spaltungsflächen des Minerals in das Innere: so ändern sich die Verhältnisse durch Zunahme der Berührungsflächen, und die Auflösung erfolgt dann in einer viel kürzeren Zeit, sofern nur das Wasser ungehinderten Zutritt hat. Daher wird es begreiflich, wie in schwierig durchdringbaren Gesteinen, die nur den durchfiltrirenden Meteorwassern ausgesetzt sind, Verdrängungs-Pseudomorphosen bei weitem längere Zeiträume gebrauchen, als in Gangspalten, in denen Quellen aufsteigen, oder auf dem Grunde der Flüsse, der See'n und des Meeres, wo die Mineralien immerfort in der Beitze liegen. Daher können uns die so auffallenden Umwandlungen der basaltischen Gesteine, welche seit undenklichen Zeiten auf dem Boden des *Laacher-See's* gelegen haben, die Umwandlungen des Augit in Glimmer, des Labrador in Zeolithe, nicht im mindesten befremden. Um so weniger können sie uns befremden, wenn wir beachten, dafs keineswegs die ganze Masse des Augit durch die Gewässer aufgelöst und fortgeführt zu werden brauchte, sondern dafs nur ein Austausch zwischen seiner Kalkerde und dem Kali im Seewasser nöthig war, um die Umwandlung in Glimmer zu bewirken.

So ist denn mit aller Evidenz bewiesen, dafs auch diejenigen Mineralien, deren Bestandtheile durch die Atmosphärilien nicht zersetzt werden, und daher den zerstörenden Wirkungen derselben Trotz bieten können, der auflösenden Kraft des Wassers nicht zu widerstehen vermögen. Nichts im Mineralreiche ist daher unwandelbar, wenn nicht etwa die edlen Metalle, Gold und Platin es sind.

Der Thonschiefer besteht aus mehreren Silicaten und

Ueberresten von zerkleinerten Mineralien (Feldspathsubstanz u. s. w.). Die Eisenoxyde, die Kalkerde und die Magnesia sind also darin an Kieselsäure gebunden. Frick fand darin nur eine kleine Menge Kalkerde als Carbonat.

Es ist sehr bemerkenswerth, in einem sedimentären Gesteine Silicate des Eisens und der Kalkerde zu finden: Silicate, deren Bildung auf nassem Wege in gewöhnlicher Temperatur so schwierig zu begreifen ist, und die gewifs nur unter besonderen Umständen erfolgen kann (S. 775 ff.). Es ist nicht zu bezweifeln, dafs diese Silicate und auch das Magnesiasilicat früher in gröfseren Mengen im Thonschiefer vorhanden waren; denn die aus ihm kommenden Quellen enthalten diese Basen als Carbonate, und wahrscheinlich auch in geringen Quantitäten als Silicate (Bd. I. S. 366, S. 346 und 769 ff.). Einem beständigen Auslaugeprocefs unterworfen, mufsten sich diese Basen im Thonschiefer nach und nach vermindern. Wir können daher aus dem geringen Kalkgehalte eines gegebenen Thonschiefers nicht schliefsen, dafs derselbe auch zur Zeit seines Absatzes so gering gewesen sei. Es erscheint als eine Nothwendigkeit, dafs aus dem Thonschiefer, wie aus jedem Kalksilicat-haltenden Gesteine die Kalkerde fortwährend durch die Gewässer als Carbonat fortgeführt wurde.

Mit dem Natron hat es eine ähnliche Bewandtnifs, wie mit der Kalkerde. Oben (Bd. I. S. 367.) wurde aus den damals bekannten Analysen der Thonschiefer der Schlufs gezogen, dafs Natron entweder gar nicht oder doch nur in sehr untergeordneter Menge in diesem Gesteine vorkomme. Seitdem hat mein Sohn *) gezeigt, dafs die gänzliche Abwesenheit eines Natrongehaltes im Kali unr durch das Löthrohr bewiesen werden kann, und ich selbst habe seitdem in mehreren Thonschiefern Natron gefunden. Da überhaupt alle neueren Analysen Alkalien-haltiger Mineralien immer neben gröfseren Mengen von Kali geringe von Natron und umgekehrt nachgewiesen haben: so ist es sehr wahrscheinlich, dafs auch der Thonschiefer stets wenigstens Spuren von Natron, die aber freilich der chemischen Analyse, wenn nicht besondere Aufmerksamkeit darauf gerichtet wird, leicht entgehen können,

*) Journ. f. pract. Chem. Bd. XLII. S. 201 ff.

enthalte. Das Vorherrschen der Natronsalze gegen die Kalisalze in den Quellen ist eine Regel, die nur selten Ausnahmen findet. Die zahllosen Quellen des *Rheinischen* Schiefergebirges folgen dieser Regel und darunter sind Mineralquellen, welche sehr reich an kohlensaurem Natron sind. Zwar haben wir die Möglichkeit zu zeigen uns bemüht (a. a. O.), wie selbst eine, in bedeutender Entfernung vom Fufse eines Basaltkegels im Thonschiefer aufsteigende Mineralquelle doch ihr Natron aus dem Basalte extrahiren könne; allein es giebt Mineralquellen, welche so weit von Basalten und von anderen krystallinischen Gesteinen entfernt im Thonschiefer entspringen, dafs ein solcher Ursprung des Natrons nicht mehr zu beweisen sein dürfte. Man könnte daher, auf die Thatsache fufsend, dafs Kalisilicate bei weitem schwieriger als Natronsilicate zersetzt werden, wohl umgekehrt schliefsen, dafs der geringe Natrongehalt in den Thonschiefern eine Folge des, im Verhältnifs zum Kali in gröfserer Menge von den Gewässern extrahirten Natrons sei. Die Schwierigkeit, sich die Umwandlung eines an Natron armen Thonschiefers in ein, dieses Alkali in viel gröfserer Menge haltenden krystallinischen Gesteins zu denken, würde sich verringern, wenn man, dem Vorstehenden gemäfs, in den Thonschiefern zur Zeit ihrer sedimentären Bildung eine gröfsere Menge Natron annehmen könnte, als sie dermalen besitzen. Sind indefs in Pleischl's Analyse *) eines Thonschiefers von *Prag* die relativen Quantitäten von Kali und Natron genau bestimmt worden: so würde die eben berührte Schwierigkeit von vorn herein schwinden; denn in diesem Thonschiefer beträgt das Kali nur 1,23, das Natron dagegen 2,11 Proc. Ein solcher Thonschiefer würde, was die Alkalien betrifft, einen Hornblendeschiefer durch eine Metamorphose liefern können. Mir ist es bis jetzt noch nicht gelungen, einen Thonschiefer von solchem relativ hohen Natrongehalte zu finden.

Sollte es aber nicht auch Processe geben, wodurch Kalisilicate in den Gesteinen in Natronsilicate umgewandelt werden können? — Kali ist eine stärkere Base, als Natron: Natronsalze, wie z. B. salpetersaures Natron, Chlornatrium u. s. w.

---

*) Journ. f. pract. Chem. Bd. XXXI. S. 45.

werden durch kohlensaures Kali zersetzt. Wahrscheinlich ist daher, dafs Chlornatrium, der Hauptbestandtheil des Meerwassers, und in keinem Quellwasser fehlend, auch von Kalisilicat zersetzt werde. Nachstehende Versuche haben diese Vermuthung bestätigt.

Kieselsäure, von der Zersetzung des Fluorkieselgases durch Wasser herrührend, wurde in kochender Kalilauge aufgelöst und mittelst Alkohol das Kalisilicat niedergeschlagen und mit 30procentigem Alkohol ausgewaschen. Nachdem dieses Silicat wieder im Wasser gelöst worden, wurde eine Auflösung von Kochsalz und nachher Alkohol zugesetzt. Das niedergeschlagene Silicat wurde mit verdünntem Alkohol so lange ausgewaschen, als dieser noch auf geröthetes Lackmuspapier reagirte. Die letzte Auswasche-Flüssigkeit wurde auch nicht durch Platinauflösung getrübt, und selbst nach dem Abdampfen im Wasserbade zur Trockne, liefs 70procentiger Alkohol keinen Rückstand von Kaliumplatinchlorid. Nachdem das Silicat wieder im Wasser gelöst, mit Salzsäure versetzt, zur Trockne abgedampft und wieder mit Wasser zur Absonderung der Kieselsäure aufgeweicht worden, trübte Platinauflösung das Chlorür nicht. Nach dem Abdampfen der Flüssigkeit blieb jedoch eine geringe Menge Kaliumplatinchlorid zurück.

Das aus der mit Kochsalzlösung versetzten Lösung des Kalisilicats durch Alkohol niedergeschlagene Silicat war daher Natronsilicat, entstanden durch gegenseitige Zerlegung des Kalisilicats und des Chlornatrium.

Die Sache erschien von solcher Wichtigkeit, dafs ich mich mit diesem qualitativen Versuche nicht begnügte, sondern einen quantitativen anstellte. Es wurden 2,75 Gr. Kalisilicat, auf obige Weise dargestellt, durch Auswaschen mit 30procentigem Alkohol von freiem Kali befreit, in Wasser gelöst *), und dazu 5,5 Gr. Chlornatrium gesetzt. Die Lösung wurde etwas abgedampft, wobei sich einige Flöckchen ausschieden, und Weingeist zugesetzt, wodurch ein Silicat niedergeschlagen wurde. Zur abfiltrirten Flüssigkeit wurde Pla-

---

*) Es blieben einige Flocken Kieselsäure zurück. Der Alkohol hatte also, wie in der Auflösung des Wasserglases, zersetzend gewirkt. Forchhammer in Poggend. Annal. Bd. XXXV. S. 339.

tinauflösung gesetzt und das Ganze im Wasserbade zur Trockne abgedampft. Nach Behandlung des Rückstandes mit 70procentigem Weingeist blieben 6,02 Gr. Kaliumplatinchlorid zurück, denen 1,16 Gr. Kali entsprechen. Jenes Silicat wurde durch Salzsäure und durch Abdampfen bis zur Trockne zersetzt, der Rückstand im Wasser aufgeweicht und von der Kieselsäure befreit. Das davon abfiltrirte Chlorür lieferte mit Platinauflösung nur 0,5 Gr. Kaliumplatinchlorid, denen 0,097 Gr. Kali entsprechen. Das Kalisilicat war daher, wie im vorigen Versuche, durch Chlornatrium in Natronsilicat und in Chlorkalium zersetzt, und jenes durch Alkohol niedergeschlagen worden. Ganz vollständig war indefs die Zersetzung nicht, da im Kalisilicat noch jene geringe Menge Kali gefunden wurde.

Nach dem Resultate dieser Versuche liegt also die Möglichkeit vor, dafs die Kalisilicate im Thonschiefer durch Kochsalz-haltige Gewässer mehr oder weniger in Natronsilicate umgewandelt werden können, sei es, dafs diese Gesteine der directen Einwirkung des Meerwassers ausgesetzt sind, oder dafs Kochsalz-haltige Gewässer durch sie dringen. Dafs andere Natronsalze in Gewässern, wie z. B. das häufig vorkommende schwefelsaure Natron, gleichfalls die Kalisilicate im Thonschiefer zersetzten, ist von selbst klar.

Nach dem Vorstehenden reducirt sich der Umwandlungsprocefs eines sedimentären Gesteins, wie des Thonschiefers, in ein krystallinisches darauf, dafs sich die in jenem schon pêlemêle existirenden, und nicht erst zu bildenden Silicate regelmäfsig nach Verbindungs- und Krystallisationsgesetzen gruppiren und selbstständige zusammengesetzte Silicate bilden, und dafs hierbei zwischen den Silicaten im Gesteine und in den durch dasselbe circulirenden Gewässern gegenseitige Zersetzungen erfolgen, wodurch vorhandene Basen fortgeführt und andere an ihre Stelle gesetzt werden.

In einem Gesteine geschieht, was wir in einer Lösung verschiedener Salze vor sich gehen sehen; nur dafs hier schon vorhandene Stoffe krystallisiren, dort aus vorhandenen Bestandtheilen erst gebildet werden. Die Aehnlichkeit tritt noch mehr hervor, wenn man beachtet, dafs das Gestein mehr oder weniger durchtränkt ist von Wasser, welches die Silicate aufge-

löst enthält, die Bildungen und Umbildungen bewirken. Wenn auch neben diesen Silicaten andere Salze (Carbonate, Sulphate, Chlorüre u. s. w.) und wohl in meist gröfserer Menge vorhanden sind, aber keinen Antheil an diesen Processen nehmen: so werden sie ebenso, wie die den Pflanzen zugeführten aber nicht aufgenommenen Salze, von den Gewässern wieder fortgeführt. Jedoch die in Gewässern so allgemein verbreiteten Carbonate der Alkalien verhalten sich nicht passiv, da sie Kalk- und Magnesiasilicate in den Gesteinen zersetzen.

Nach Marcel-de-Serres und Figuier *) erleiden Muschelschalen, wenn sie längere Zeit im Meerwasser liegen, eine Petrificirung, d. h. eine Umwandlung in ein Aggregat von Kalkspathindividuen. An den Küsten von *Algier* finden sie sich zuweilen in krystallinisch körnigen, weifsen, glänzenden Kalkstein verwandelt.

Zwischen einer solchen Bildung von Kalkspath und einer Bildung von Feldspath oder eines andern Silicats in einem Gesteine, etwa im Thonschiefer, worin die Bestandtheile des Feldspaths vorhanden sind, und welches im Meere sich befindet, ist kein anderer Unterschied, als dafs dort das Mineral zur Krystallbildung unmittelbar, hier mittelbar gegeben ist. Dort löset das Wasser den kohlensauren Kalk auf, und aus der Lösung krystallisirt Kalkspath oder körniger Kalk; hier löset es Thonerde- und Kalisilicat auf, und daraus krystallisirt Feldspath. Der kohlensaure Kalk ist viel leichtlöslicher, als diese schwerlöslichen Silicate (Bd. I. S. 802.); daher ist es leicht, die Lösung und Krystallisation nachzuahmen. Von der Löslichkeit des Thonerde- und Kalisilicats können wir uns zwar, weil wir sie in Quellwassern aufgelöst finden, überzeugen; allein wenn wir auch beide Silicate, in den zur Feldspathbildung erforderlichen Verhältnissen aufgelöst, durch allmäliges Abdampfen des Wassers zum Absatze brächten: so würde dieser Absatz, selbst bei Anwendung sehr grofser Mengen solcher Lösungen, so wenig betragen, dafs wahrscheinlich das beste Mikroskop keine Feldspathkrystalle erkennen lassen möchte.

So lange solche directe Beweise noch nicht geliefert

---

*) Ann. des sc. nat. 1847. Janv. p. 21.

worden, bleiben uns blofs indirecte übrig. Finden wir in Räumen, in welche Gewässer mit ihren verschiedenen aufgelösten Stoffen dringen, Feldspathkrystalle: so ist ihre Bildung aus wässrigen Flüssigkeiten eben so bewiesen, wie die der schönen und oft ungemein grofsen Bergkrystalle in solchen Räumen. Diese Bildung wird selbst von den verstocktesten Ultraplutonisten nicht mehr geläugnet, und doch haben wir bis jetzt eben so wenig Bergkrystalle, als Feldspathkrystalle aus wässrigen Flüssigkeiten bilden können.

Alle diese Vorstellungen würden blofs Phantasiespiele sein, wenn keine Thatsachen vorlägen, welche beweisen, dafs die Gemengtheile eines krystallinischen Gesteins wirklich auf nassem Wege gebildet werden können. Ist es aber nöthig, zum Ueberdrusse unserer Leser, nochmals Thatsachen anzuführen? — Selbst Geognosten, welche festhalten an der plutonischen Bildung krystallinischer Gesteine, stellen die Entstehung von Feldspath und anderen Mineralien auf nassem Wege nicht mehr in Abrede, wenn sie auch die auf solche Weise gebildeten Mineralien gleichsam nur für Schmarotzerpflanzen halten.

B. Cotta *) wirft mir vor, dafs ich, indem ich den Umwandlungsprocefs der krystalllinischen Schiefergesteine lediglich den Wirkungen des fortwährend durch alle Gesteine circulirenden Wassers zuschreibe, dabei die allgemeinen Lagerungsverhältnisse und die reihenartigen Uebergänge dieser Gesteine, die in jeder Beziehung für Einwirkung plutonischer Thätigkeit sprechen, und eben dadurch die Geologen auf solche plutonisch-metamorphische Ideen gebracht haben, ohne dafs durch dieselben die nachträglichen Wirkungen des Wassers (Dämpfe, heifse Quellen, Gebirgsfeuchtigkeit) jemals ganz ausgeschlossen worden wären, ganz vergessen zu haben scheine. Billig, sagt er, kann man fragen, wenn nur das Wasser in seinem alltäglichen Verlaufe das Alles gethan hat, warum sind denn diese Wirkungen vorzugsweise fast nur auf solche Localitäten beschränkt, wo alle begleitenden Umstände auf plutonische Einwirkung hinweisen? —

Auf so allgemein gehaltene Einwendungen ist nicht wohl

*) Geolog. Briefe aus den Alpen 1850. S. 243.

zu erwiedern. Es mufs gezeigt werden, wo der Sitz der angenommenen plutonischen Thätigkeit ist, wo die eruptiven Gesteine, welche noch in die Ferne gewirkt haben sollen, wirklich sind, und nicht wo sie sein können, wenn derjenige, welcher die Metamorphose auf nassem Wege vertheidigt, überzeugt werden soll, dafs er damit nicht ausreiche. Kaum hat ein Plutonist mehr Bedenklichkeiten gegen die plutonische Umwandlung des Thonschiefers in Gneifs und Glimmerschiefer durch den Granit im *Fichtelgebirge* erhoben, als Cotta (Bd. II. S. 359). Sind diese Bedenklichkeiten jetzt verschwunden? Sind in dieser Gegend die Lagerungsverhältnisse und die reihenartigen Uebergänge von der Art, dafs sie in jeder Beziehung für Einwirkung plutonischer Thätigkeit sprechen? —

Unter anderen hob ich hervor, dafs eine Beschränkung der Umwandlung des Thonschiefers auf eine einzige oder auf sehr wenige nahe gelegene Schichten in den *Lenne*-Gegenden mit der Ansicht einer plutonischen Metamorphose nicht zu vereinigen sei. Aber nach gerade diese Lagerungsverhältnisse führten mich dahin, locale Ursachen aufzusuchen, wodurch die Umwandlung bewirkt worden sein könnte (Bd. II. S. 325 ff.). Auch in diesem und in den folgenden Kapiteln glaube ich die Lagerungsverhältnisse und ganz besonders die reihenartigen Uebergänge, so weit ich sie nur aus eigener Anschauung oder aus der Beschreibung Anderer erkennen konnte, nicht unberücksichtigt gelassen zu haben.

Wo würde Cotta die plutonische Thätigkeit in einem Bezirke nachweisen können, innerhalb welchem, wie im *Glätzer* Uebergangsgebirge, massige plutonische Gesteine nirgends vorkommen? — Mit der Centralwärme würde, wenn er sie auch durch mächtige Anhäufungen von Niederschlägen aus Wasser so zurückhalten läfst, dafs die darunter befindliche feste Kruste wieder geschmolzen wurde *), nichts auszurichten sein; denn da die *Glätzer* Hornblendeschiefer mit Thonschiefern und Pseudo-Gneifsgesteinen wechseln: so kann die Centralwärme nicht eine Schicht geschmolzen und plutonisch metamorphosirt und die andere ganz unberührt gelassen

*) A. a. O. S. 14.

haben. Solche Annahmen würden zu den physikalischen Unmöglichkeiten gehören.

Die nahe Uebereinstimmung zwischen den neueren Analysen verschiedener Thonschiefer-Varietäten von *Frick* und *Sauvage* konnten leicht zur Vermuthung führen, dafs bedeutende Schwankungen in der Zusammensetzung dieses sedimentären Gesteins nicht stattfinden, und dafs die älteste Analyse eines dünnschiefrigen Thonschiefers nach d'Aubuisson *), welche nur 48,6 Proc. Kieselsäure angiebt, fehlerhaft sei. Es war daher von grofsem Interesse, Thonschiefer-Varietäten von folgender Zusammensetzung zu finden:

| | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . | 50,01 | 47,08 | 48,6 |
| Thonerde . . . . | 34,74 | 36,01 | 23,5 |
| Eisenoxydul . . . | 3,73 | 4,96 | 11,3 |
| Manganoxyd . . . | — | | 0,5 |
| Magnesia . . . . | 0,87 | 0,69 | 1,6 |
| Kalkerde . . . . | — | Spur | |
| Kali . . . . . | 7,21 } **) | 6,27 } ***) | 4,7 |
| Natron . . . . | 0,04 } | 0,37 } | |
| Glüheverlust . . . | 3,27 | 5,43 | 7,6 |
| | 99,87 | 100,81 | 98,0 |

Diese Thonschiefer (I und II) verdanke ich der gütigen Mittheilung des Bergmeisters Marenbach. Sie kommen in der Grube *Pferd* bei *Siegen* vor, wo sie das Saalband des Eisenspathganges bilden. Sie haben das Aussehen der Dachschiefer; nur sind sie nicht so dünnschiefrig. No. II. hält Sphärosiderit in zarten Adern eingesprengt; für die Analyse wurde er sorgfältig abgesondert. Ein solcher Schiefer mit Sphäro-

*) Traité de geogn. T. II. P. 97.

**) Dieser ungewöhnlich grofse Gehalt an Alkalien veranlafste eine Wiederholung der Analyse, welche für die Alkalien 7,61 Proc. also nahe so viel, wie die vorige gab.

***) Ebenso gab eine zweite Analyse einer anderen Stufe für die Alkalien 7,5 Proc.

siderit mit kochender Salzsäure behandelt, gab kaum eine Spur von Kalk. Also auch im kohlensauren Eisenoxydul, welches vielleicht ein Zersetzungsproduct des Schiefers ist, zeigt sich die fast gänzliche Abwesenheit der Kalkerde. Beide Schiefer knirschen nicht beim nassen Zerreiben in der Chalcedonschale. Sie enthalten daher keine Quarzkörner und, wegen ihres geringen Kieselsäuregehaltes, wohl überhaupt keine freie Kieselsäure. III ist der vorhin genannte Thonschiefer nach d'Aubuisson's Analyse.

Vergleichen wir die Zusammensetzung von I und II mit der des Diorit aus 90 Proc. Feldspath und 10 Proc. Hornblende (S. 908): so finden wir sehr nahe ein gleiches Verhältnifs zwischen Kieselsäure und Thonerde, und es ergiebt sich daher, in Beziehung auf diese beiden Hauptbestandtheile in diesen Thonschiefern und in jenem Diorit, die Möglichkeit einer Umwandlung der ersteren in den letzteren. Kalkerde findet sich freilich in diesen Thonschiefern nicht. Bewahrten sie daher noch ihre ursprüngliche Zusammensetzung: so hätten sie sich nur durch Aufnahme von Kalkerde und etwas Magnesia in einen Diorit von obiger Zusammensetzung umwandeln können. Enthielten dagegen diese Thonschiefer ursprünglich die nöthige Menge Kalkerde und Magnesia: so ist natürlich von chemischer Seite kein Hindernifs, sich die Umwandlung eines solchen Sediments, sei es im Momente des Absatzes oder nach demselben, zu denken. Der ungewöhnlich grofse Gehalt an Alkalien in diesen Thonschiefern giebt der Annahme Raum, dafs sich derselbe erst im Laufe der Zeit so sehr angehäuft habe. Da kieselsaurer Kalk durch kohlensaure Alkalien zersetzt wird: so würde die allmälige Zunahme der Alkalien zu begreifen sein durch die Annahme, dafs Gewässer, alkalische Carbonate enthaltend, welche die Thonschiefer durchdrungen haben, diese Zersetzung und die Fortführung der Kalkerde als Carbonat bewirkt haben. Da der Fundort dieser Thonschiefer tief unter der Oberfläche ist: so ist wohl denkbar, dafs ihnen alkalische Carbonate, welche die Gewässer aus dem Thonschiefer in obern Teufen durch Zersetzung alkalischer Silicate aufgenommen hatten, zugeführt wurde und noch zugeführt wird.

Die Zusammensetzung eines Diorit aus 80 Proc. Feld-

spath und 20 Proc. Hornblende (S. 908) zeigt, wie mit Zunahme der letzteren und mit Abnahme des ersteren die Thonerde abnimmt, dagegen das Eisenoxydul zunimmt. Eine noch gröfsere Zunahme der Hornblende würde die Zusammensetzung des Diorit der des Thonschiefers III nähern, wenn man vom Kalksilicat abstrahirt. Genug, die Zusammensetzung eines Diorit nach den verschiedensten Verhältnissen seiner Gemengtheile kann aus den zwischen I, II und III liegenden Verhältnissen der Kieselsäure, Thonerde und des Eisenoxyds hervorgegangen gedacht werden, wenn man nur voraussetzt, dafs die Thonschiefer entweder schon ursprünglich die dazu nöthige Menge Kalksilicat enthalten haben, oder dafs dieses bei der Metamorphose zugeführt worden ist.

Da Hypothesen um so mehr an Wahrscheinlichkeit verlieren, je mehr sie Voraussetzungen annehmen müssen, und im Vorhergehenden allerdings mehrere solcher Voraussetzungen Platz gegriffen haben: so gab ich mir Mühe, ein sedimentäres Gestein zu finden, welches die zur Bildung eines Hornblendegesteins nöthige Menge Kalkerde enthalten möchte. Nach mehreren mifslungenen Versuchen hoffte ich in den grünlichen Schiefern des *Glätzer* Uebergangsgebirges, welche als Mittelgesteine zwischen Hornblendeschiefer und Thonschiefer anzusehen sind, solche Gesteine zu finden. In wie weit diese Hoffnung in Erfüllung gegangen ist, werden die nachfolgenden Analysen, wozu mir Beyrich freundlichst das Material mitgetheilt hat, zeigen.

I.

| | | A. | B. | C. |
|---|---|---|---|---|
| *a* | Kohlensaurer Kalk . . | 9,39 | | |
| | Kohlensaure Magnesia | 0,25 | | |
| *b* | Kieselsäure . . . . | 45,66 | 50,53 | 47,68 |
| | Thonerde . . . . . | 12,33 | 13,65 | 12,88 |
| | Eisenoxydul . . . . | 23,20 | 25,67 | 24,23 |
| | Kalkerde . . . . . | 1,69 | 1,87 | 7,27 |
| | Magnesia . . . . . | 1,24 | 1,37 | 1,42 |
| | Alkalien und Wasser . | 6,24 | 6,91 | 6,52 |
| | | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

II.

| | | A. | B. | C. |
|---|---|---|---|---|
| a | Kohlensaurer Kalk . . . | 13,81 | | |
| | Kohlensaure Magnesia . | 3,72 | | |
| | Kohlensaures Eisenoxydul | 0,90 | | |
| | Kieselsäure . . . . . | 0,05 | | |
| b | Kieselsäure . . . . . | 47,73 | 58,55 | 52,12 |
| | Thonerde . . . . . . | 2,64 | 3,24 | 2,87 |
| | Eisenoxydul . . . . . | 17,94 | 22,01 | 20,18 |
| | Kalkerde . . . . . . | 7,82 | 9,59 | 16,98 |
| | Magnesia . . . . . . | 1,79 | 2,20 | 3,92 |
| | Alkalien und Wasser . . | 3,60 | 4,41 | 3,93 |
| | | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

I. Grünlicher Schiefer bei *Neuhof*. Die schmutzig grüne Grundmasse enthält mikroskopisch kleine abgerundete, weiſse, schwach ins Ocherbraune ziehende Körner. Er braust fast überall mit Säuren. Die Körner und eine ocherbraune Verwitterungsrinde auf dem Querbruche scheinen fast ganz aus Carbonaten zu bestehen.

II. Grüner Schiefer von *Neiſe*-Wehr, in Lagen mit feldspathaltigen (gneiſsartigen) Grünschiefern wechselnd. Braust stark mit Säuren.

I, A. und II, A. ist die ganze Zusammensetzung dieser Schiefer; *a* sind die durch Salzsäure, *b* die durch Aufschlieſsen mit kohlensaurem Kali erhaltenen Bestandtheile.

| | | |
|---|---|---|
| In II, A. beträgt die Kohlensäure der drei Carbonate . . . . . . . . . | 8,32 | Proc. |
| Die directe Bestimmung derselben gab . . | 6,48 | „ |
| Differenz | 1,84 | „ |

mithin hatte die Salzsäure nicht bloſs Carbonate, sondern auch theilweise die Silicate dieser Basen zersetzt. Dafür spricht auch die von der Salzsäure ausgezogene Kieselsäure. Ob das von der Säure ausgezogene Eisen als Carbonat vorhanden war, ist nicht zu entscheiden. War es als Oxyd gegenwärtig: so würde jene Differenz herabsinken auf 1,50 „

Corrigirt man danach II, A.: so vermindern sich die Carbonate und deren Basen, besonders die Kalkerde, und die an Kieselsäure gebundenen Basen vermehren sich. Die Differenz von 1,84 kommt dann auf Rechnung der Alkalien und des Wassers, welche nicht direct, sondern aus dem Gewichtsverluste bestimmt wurden. Die Menge der Alkalien und des Wassers steigt dann auf 5,44 Proc. Auf den Hauptzweck, für welchen die Analysen unternommen wurden, die Gegenwart der Silicate der Kalkerde, der Magnesia und des Eisenoxyduls in den grünen Schiefern zu ermitteln, hat jene Differenz keinen Einflufs; ihre Gegenwart ist entschieden dargethan.

I, B. und II, B. ist die Zusammensetzung der beiden grünen Schiefer nach Abzug der Carbonate, mithin unter der Voraussetzung, dafs dieselben von aufsen hinzugeführt worden seien.

I, C. und II, C. ist die Zusammensetzung nach Hinzufügung der Basen der Carbonate zu den Basen der Silicate, wobei also vorausgesetzt wird, dafs die Carbonate Zersetzungsproducte der Silicate seien. Ob jene oder diese Voraussetzung die wahre ist, ändert nichts in der Sache; es bleibt blofs die ursprüngliche quantitative Zusammensetzung der grünen Schiefer ungewifs, ihr Gehalt an Kalksilicat u. s. w. ist stets unzweifelhaft. Die folgenden Analysen sprechen indefs dafür, dafs die Carbonate dieser grünen Schiefer wirklich Zersetzungsproducte der Silicate seien.

| | III. | IV. |
|---|---|---|
| Kieselsäure . . . | 61,72 | 54,75 |
| Thonerde . . . . | 19,55 | 13,48 |
| Eisenoxydul . . . | 8,55 | 14,38 |
| Kalkerde . . . . | 0,55 | 6,19 |
| Magnesia . . . . | 1,08 | 4,79 |
| Alkalien *) . . . | 4,81 | 4,61 |
| Glüheverlust . . . | 3,74 | 1,80 |
| | 100,00 | 100,00 |

*) Durch den Verlust bestimmt.

III. Urthonschiefer unterhalb *Rothwaltersdorf*. Sehr rein, frisch, glänzend und bläulichschwarz. Sowohl in ganzen Stücken, als in Pulverform entwickeln Säuren aus ihm Gasbläschen. Beim Zerreiben im Chalcedonmörser kratzt er nicht; daher scheint er keinen Quarz zu enthalten. Im Wasserbade gab er kein Wasser. Beim Glühen wurde er braun, von einer Verbrennung kohliger Theilchen herrührend. Das der Luft nicht ausgesetzte Pulver änderte seine Farbe nicht. Die Kalkerde war als Carbonat vorhanden.

IV. Hornblendeschiefer von *Mittel-Steine*, ausgezeichnet krystallinisch. Beim Zerreiben im Chalcedonmörser kratzt er etwas, welches auf die Gegenwart von Quarz schliefsen läfst. Er braust nicht mit Säuren, und hat überhaupt ein sehr unverändertes Ansehen.

Auch fünf andere theils feinkörnige, theils grofsblätterige Hornblendeschiefer-Varietäten aus dem *Glätzer* Uebergangsgebirge brausten selbst in Pulverform entweder gar nicht mit Säuren, oder entwickelten doch nur wenige Bläschen Kohlensäure. Wir haben gesehen (S. 930 ff.), dafs Hornblendegesteine überhaupt selten und dann immer nur schwach mit Säuren brausen. Wäre daher der kohlensaure Kalk in den beiden grünen Schiefern und im Urthonschiefer ein Infiltrationsproduct: so würde es auffallend sein, warum sich ein solches nicht auch in den Hornblendegesteinen fände, da letztere, im häufigen Wechsel mit den Schiefern, gewifs von denselben Gewässern, wie diese, durchdrungen worden sind und noch durchdrungen werden. Ein starkes Brausen mit Säuren scheint den grünen Schiefern eigenthümlich zu sein; denn ein anderes grobkörniges, zwischen grünen Schiefern vorkommendes Gestein brauste gleichfalls ziemlich stark. Es wäre wohl der Mühe werth, an Ort und Stelle noch andere grüne Schiefer und Urthonschiefer mit Säuren zu prüfen; denn brausen sie alle: so ist mit grofser Wahrscheinlichkeit zu schliefsen, dafs sie durchgängig Kalk- und Magnesiasilicat enthalten.

Die rein sedimentäre Bildung des Urthonschiefers ist unzweifelhaft. Ein Gehalt von Kalk- und Magnesia-Silicaten in ihm würde den Beweis liefern, dafs in dem Meere, aus welchem er sich abgesetzt hatte, diese Silicate vorhanden waren. Finden wir auch nur Carbonate in ihm, können diese aber

nur zersetzte Silicate sein: so haben wir im ursprünglichen Thonschiefer alle Silicate (von Thonerde, Eisenoxydul, Alkalien, Kalk und Magnesia), welche zur Bildung der Gemengtheile eines Hornblendeschiefers erforderlich sind. Waren sie in der erforderlichen Menge vorhanden: so konnte sich aus einem solchen Sedimente Hornblende und ein kalkhaltiger Feldspath bilden, da die wirkliche Bildung dieser Mineralien auf nassem Wege eine entschiedene Thatsache ist (S. 974.). Der ganze Act der Bildung eines Hornblendeschiefers ist dann nichts anderes, als eine Krystallisation vorhandener Silicate zu einem Gemenge von Mineral-Individuen. Fehlten im Sedimente die Kalk- und Magnesia-Silicate oder waren sie in zu geringer Menge vorhanden: so konnten natürlich weder Hornblende noch ein Feldspath, der Kalksilicat enthält, entstehen, und das Sediment blieb dann blofs ein Gemeng verschiedener amorpher Silicate.

Der Wechsel krystallinischer und amorpher Schichten als Erzeugnisse sedimentärer Bildungen erklärt sich dann von selbst.

Die beiden grünen Schiefer I und II zeichnen sich durch einen beträchtlichen Eisengehalt aus.* Abstrahirt man von diesem Gehalte, so nähert sich I hinsichtlich seiner Kieselsäure, Thonerde, Kalkerde und seiner Alkalien ziemlich dem Hornblendeschiefer IV. Vergleicht man den grünen Schiefer (I *B.*) mit dem Hornblendeschiefer von *Kalvola* (S. 930. III.), so findet man eine so nahe Uebereinstimmung in der Zusammensetzung, (besonders wenn man die 27,54 Proc. Eisenoxyd in letzterem auf Eisenoxydul = 24,81 reducirt) dafs er, wenn man sich die beiden Carbonate fortgeführt denkt, chemisch betrachtet nichts anderes, als dieser Hornblendeschiefer ist. Da die beiden grünen Schiefer in ihrer Zusammensetzung so sehr variiren: so ist wohl zu vermuthen, dafs es andere Varietäten geben werde, welche mit den Thonschiefer-Varietäten im *Glätzer* Uebergangsgebirge nicht minder nahe übereinstimmen. Ebenso nähert sich die Zusammensetzung dieses grünen Schiefers (I *C.*) der Zusammensetzung des Hornblendeschiefers von *Miltitz* (S. 930. I.). Mögen daher seine Carbonate seiner ursprünglichen Mischung fremd sein, oder mögen die Basen dieser Carbonate ursprünglich mit Kieselsäure verbunden ge-

wesen sein: in beiden Fällen kommen wir auf Zusammensetzungen, aus denen Hornblendeschiefer hervorgehen konnten. Aus solchem sedimentären Materiale konnten sich mithin krystallinische Schiefer bilden, wie wir sie wirklich finden: sei es, dafs die Krystallisation im Momente des Absatzes oder erst nach demselben erfolgte. In jenem Falle mufsten natürlich Kali und Natron in dem zur Bildung der Feldspathe erforderlichen Verhältnisse vorhanden gewesen sein; in diesem Falle konnte sich aber dieses Verhältnifs erst durch gegenseitigen Austausch hergestellt haben.

Die beiden grünen Schiefer I und II zeigen in ihrem Thonerde- und Kalkerdegehalt eine bedeutende Abweichung. Variiren aber diese Bestandtheile so sehr: so können sie wohl in anderen grünen Schiefern in so verschiedenen Verhältnissen vorkommen, dafs jeder Hornblendeschiefer als das Resultat einer Bildung aus solchem sedimentären Gesteine zu denken ist.

Diesen Ansichten könnte vielleicht entgegen gesetzt werden, dafs die Aehnlichkeit in der Zusammensetzung der grünen Schiefer und der Hornblendeschiefer zur Annahme des umgekehrten Falles, erstere seien aus einer theilweisen Zersetzung der letzteren hervorgegangen, berechtige. Dieser Annahme steht indefs entgegen, dafs in diesem Falle Hornblendeschiefer vorkommen müfsten, welche durch ihr Brausen mit Säuren schon einen allmäligen Uebergang in grüne Schiefer anzeigten. Allein nicht blofs die sechs Hornblendeschiefer im *Glätzer* Uebergangsgebirge (S. 996.), sondern auch die in anderen Gegenden vorkommenden (S. 930.) weisen einen solchen Uebergang keineswegs nach; denn selbst das Hornblendegestein im *Weidenthal* (IV.), welches eine geringe Menge kohlensaurer Kalkerde enthielt, hat keine Aehnlichkeit mit den grünen Schiefern. Ueberdiefs haben die obigen Betrachtungen (S. 951 ff.) dargethan, dafs die Hornblendegesteine in ihren Umwandlungen ganz andere Richtungen nehmen.

Alle diese Verhältnisse berechtigen daher zur Annahme, dafs die grünen Schiefer sedimentäre Bildungen sind, welche im Laufe der Zeit durch theilweise Zersetzung ihrer Silicate, namentlich der Kalksilicate, bedeutende Veränderungen erlitten haben, und noch fortwährend erleiden. Die Grenzen des Möglichen würden wir überschreiten, wenn wir die Ursachen

ergründen wollten, warum diese Schiefer nicht Hornblendeschiefer geworden sind. Die Vorgänge in unseren chemischen Laboratorien zeigen, wie so oft geringfügige Umstände, die Gegenwart fremder Stoffe, selbst in ganz geringen Mengen, ja sogar der Ueberschufs des einen oder andern Stoffs, die Krystallisation befördern oder hemmen oder ganz beschränken können; sollten daher nicht ähnliche geringfügige Umstände im Mineralreiche bald die Krystallisation der Mineralien bedingen, bald unmöglich machen? — Diejenigen Geologen, welche die krystallinischen Schiefergesteine für gebratene sedimentäre Gesteine halten, können eine solche Ergründung am wenigsten von uns verlangen; denn die gleiche Forderung müfsten wir an sie stellen.

Lager von Urkalk kommen im *Glätzer* Uebergangsgebirge nicht blofs in den grünen Schiefern, sondern auch in Hornblendeschiefern, und Kalksteine, in sehr regelmäfsige Schichten getheilt, im Wechsel mit Thonschieferlagern vor, und gehen in Thonschiefer über. Diese Kalksteine sind häufig durchzogen mit Glimmer und begleitet von Gesteinen, welche Gemenge von Glimmer und Kalkspath im schiefrigen Gefüge sind. Da ein solches Zutreten des Glimmers die dortigen körnigen Kalklager des Urgebirges auszeichnet, wenn auch weit hin die umgebenden Gesteine keinen Glimmer enthalten: so mufs man schliefsen, sagt Beyrich, dafs die Krystallisation desselben erleichtert oder befördert wurde, wo sich krystallinischer Kalk bildete.

Von Beyrich mitgetheilt erhaltene körnige Kalksteine aus jenem Bezirke veranlafsten mich zu nachstehenden chemischen Prüfungen.

| | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|
| Kohlensaure Kalkerde, ein wenig kohlens. Magnesia haltend | 82,10 | 87,49 | 29,59 |
| Kohlensaures Eisenoxydul . | 2,59 | 0,47 | 2,43 |
| Rückstand . . . . . . . . | 15,31 | 12,04 | 67,98 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

I. Körniger Kalkstein aus einem Steinbruche in der Mitte von *Ober-Schmottseifen*. Grau, hier und da wechselnd

mit weifsen Parthien, in der Richtung seines schiefrigen Gefüges von Lagen feiner Glimmerblättchen durchzogen. Zur Analyse wurde ein von diesen Glimmerlagen möglichst befreites Stück angewandt. Der Rückstand bestand aus sehr kleinen Glimmerblättchen mit Quarzsand, welche also gröfstentheils in der Masse des kohlensauren Kalks eingeschlossen waren.

II. Blafsrother körniger Kalkstein mit grünlichem Glimmer. Der Rückstand bestand aus Glimmer und Quarz. Das Gestein ist eigentlich körniger Kalk in inniger Berührung mit Glimmerschiefer; die relative Bestimmung der Gemengtheile hat also keinen Werth *).

III. Glimmerschiefriges Gestein, den Kalkstein begleitend oder in der Nähe desselben, sonst nirgend in den Urschiefern vorkommend, aus einem Steinbruche, westlich der obersten südlichen Häuser von *Ober-Schmottseifen.* Es braust durch und durch mit Säuren. Zur Untersuchung wurde ein ganzes Stück von 237 Gran Gewicht in verdünnte Salzsäure gelegt. Der Rückstand war etwas lichter geworden. Durch die Lupe waren viele unregelmäfsige Poren wahrzunehmen, welche vorher mit kohlensaurem Kalke erfüllt waren. Sonst zeigten sich keine Veränderungen. Nach dem Durchschlagen zeigten sich auch auf den Bruchflächen dieselben Poren, und nach dem Pülvern entwickelte Salzsäure keine Kohlensäure mehr, welches eine so vollkommene Durchdringbarkeit des Gesteins zeigt, dafs die Säure im Stande war, allen kohlensauren Kalk im Innern zu zersetzen und aufzulösen. Der kohlensaure Kalk kann demnach ein Infiltrationsproduct, aber auch ein Zersetzungsproduct Kalksilicat-haltender Mineralien sein.

Ist, nach Cotta's Versicherung **), das heifsflüssige Emporsteigen von körnigem Kalk als selbstständiger plutoni-

---

*) Eine ähnliche Zusammensetzung zeigen auch andere Kalkglimmerschiefer. So fand Holger in dem aus dem Kreise ob dem *Manhartsberge* 12 bis 81 Proc. kohlensauren Kalk, und Hitchcock giebt an, dafs die Varietäten von *Massachusetts* zum Theil 50 bis 80 Proc. enthalten.

**) n. Jahrb. f. Mineral. u. s. w. 1850. S. 312.

scher Masse seit 10 Jahren wohl von Niemand mehr behauptet worden: nun so bedarf diese Hypothese keiner Widerlegung mehr. Es bleibt also nur „die neuerlich von so vielen Geologen getheilte Ansicht, dafs die körnigen Kalksteine umgeschmolzene dichte seien, die nur hier und da in die Zerspaltungen benachbarter strengflüssiger Gesteine eindrangen, also nur örtlich eruptiv wurden", übrig. Aber auch diese Ansicht, gegen die wir uns im nächsten Kap. gleichfalls erklären müssen, fände, wenn sie sich auch rechtfertigen liefse, keine Anwendung auf den Urkalk im *Glätzer* Uebergangsgebirge; denn es fehlt das plutonische Feuer, da die massigen Gesteine, welche als feuerflüssige Massen den dichten Kalkstein hätten schmelzen sollen, hier nicht vorkommen (S. 975.).

Die sogenannten Urkalklager in diesem Bezirke liegen theils in den grünen Schiefern, theils schliefst sie der Hornblendeschiefer ein. Es ist daher nur an eine sedimentäre Bildung zu denken, sei es, dafs sie aus präexistirendem dichtem Kalksteine durch eine Metamorphose entstanden, oder dafs sie Zersetzungsproducte von Kalksilicat-haltenden Gesteinen sind. Eine Bedenklichkeit könnte man in jener Annahme finden, weil gerade der Name Urkalklager eine Umwandlung ausschliefst. Halten wir uns aber überhaupt nicht an diesen Namen, wählen wir den gewöhnlichen, körnigen Kalk, der nur die Beschaffenheit dieses kohlensauren Kalks, ohne Rücksicht auf seine Entstehung bezeichnet. Dem Begriffe einer Urbildung widerspricht der im körnigen Kalke häufig vorkommende Graphit und die wohl stets durch organische Ueberreste bedingte dunkelgraue Farbe. Solche Ueberreste setzen aber voraus, dafs der Bildung dieses Gesteins ein Pflanzenreich vorausgegangen war, und eben diese Ueberreste zeigen sich in der schwarzen Farbe der sogenannten Urthonschiefer, welche mit den körnigen Kalksteinen wechsellagern (Bd. II. S. 45 und 53.).

Den Absatz von kohlensaurem Kalke aus dem Meere können wir ohne organische Thätigkeit nicht begreifen (Bd. I. S. 951 ff.), wenn wir nicht annehmen wollen: in jener Periode sei das Meerwasser ganz anders zusammengesetzt, als jetzt, es sei damals völlig mit kohlensaurem Kalke gesättigt gewesen. So lange als sich nicht entschiedene Beweise einer Bildung eines

sedimendären Kalklagers, ohne alle Mitwirkung organischer Thätigkeit ergeben, müssen wir daher eine solche Bildung in Abrede stellen.

Wenn wir zwar der Ansicht von Humboldt's *): „nichts scheint zu beweisen, wie man aus theoretischen Ansichten über Einfachheit der ersten Lebensformen hat annehmen wollen, dafs das vegetabilische Leben früher, als das animalische auf der alten Erde erwacht sei, dafs dieses durch jenes bedingt sei," nicht beizutreten vermögen, indem alle Verhältnisse zur Priorität des Pflanzenreichs führen: so können wir doch nicht die Entwicklung von Infusorien unmittelbar nach der ersten Bildung pflanzlicher Materie in Abrede stellen **). Folgte daher die sedimentäre Bildung des Urthonschiefers und seiner ihn begleitenden Lager körnigen Kalks auf ein untergegangenes Pflanzenreich: so ist mit grofser Wahrscheinlichkeit in dem Meere, woraus diese Absätze erfolgten, ein animalisches Leben vorauszusetzen. Da diese Absätze eine sehr lange geologische Periode bedingen: so müfste ein sehr langer Zeitraum zwischen dem früheren Auftreten des Pflanzen- und dem späteren des Thierreichs gelegen haben, wenn jenes Meer frei von einer Thierwelt gewesen sein sollte. Wir gehen aber noch weiter. Läfst sich der Beweis führen, dafs die kohligen Ueberreste im körnigen Kalke blofs von Pflanzenüberresten herrühren? — Können nicht gleichfalls thierische Ueberreste das Material dazu geliefert haben? — Dafs man gar keine Versteinerungen in solchem körnigen Kalke findet, kann keinen Beweis gegen ihre frühere Gegenwart abgeben; denn man findet sie auch nicht in solchen Lagern, die entschieden aus einem Versteinerungen-führenden Kalksteine entstanden sind, wie im nächsten Kap. nachgewiesen werden wird.

Was die oben erwähnte Bildungsart der Lager körnigen Kalks im *Glätzer* Uebergangsgebirge aus der Zersetzung Kalksilicat-haltender Gesteine betrifft: so verweisen wir auf

---

*) Kosmos Bd. I. S. 293.

**) Meine Bemerkungen über die Frage, ob das vegetabilische Leben früher, als das animalische auf der Erde erwacht sei. Münchner gelehrte Anz. 1847. No. 75 und 76.

den bedeutenden Gehalt an kohlensaurem Kalke in den grünen Schiefern. Der Schiefer II (S. 994) konnte Material zu einem Kalklager liefern, dessen Mächtigkeit ⅕ von seiner Mächtigkeit ausmachte.

Wir gehen über zur Bildung des Syenit. Auch bei diesem läfst sich der doppelte Gesichtspunct verfolgen, dafs dieses Gestein, entweder während des langsamen Absatzes der Sedimente, oder nach demselben, durch eine Metamorphose auf nassem Wege entstanden ist.

Grofsen Widerspruch dürfte die Annahme finden, dafs ein massiges Gestein, wie der Syenit, aus einem sedimentären Gesteine entstanden sein könne. Andeutungen von Schichtung dürften bei ihm, nach Naumann*), nur dann zu beobachten sein, wenn das Gestein durch parallele Ablagerung der Feldspath-Individuen oder durch beigemengten Glimmer eine Plattung oder plane Parallelstructur erhalten hat. Viele Beispiele lassen sich indefs anführen, wonach mit gänzlicher Umwandlung eines Gesteins durch Aufnahme neuer und Abscheidung vorhandener Stoffe, die ursprüngliche Schichtung verloren gehen, oder auch hervorgerufen werden kann. So kommt der Dolomit als Metamorphose von Kalkstein vor, und mit dieser Umwandlung verschwindet gewöhnlich die Schichtung. In vollkommen schiefrigen Lagen von Hornblendegestein kommen andere vor, in denen die Schieferung weniger regelmäfsig wird, und das Gefüge sich dem körnigen nähert (S. 974) **). Hornblendestreifen machen aus massigem Gneifse einen geschichteten (S. 862.) u. s. w.

Wir sind übrigens weit entfernt, blofs den Thonschiefer als dasjenige Gestein bezeichnen zu wollen, welches einer Umwandlung in Syenit fähig ist. Bei der grofsen Dürftigkeit von Analysen nicht krystallinischer Gesteine griffen wir nach dem Thonschiefer, weil er nicht blofs dieselben Bestandtheile wie der Syenit, sondern sie sogar sehr nahe in denselben Verhältnissen enthält. Der Syenit geht übrigens in

---

*) Geognosie Bd. I. S. 578.

**) Wir verwechseln nicht Schieferung mit Schichtung. Wir wollen damit nur zeigen, dafs der Aggregatzustand derselben Gesteine in unmittelbarer Nähe verschieden sein kann.

Hornblendeschiefer über, und kann bei diesem jenes Bedenken nicht Platz greifen: so wird man doch nicht bei ihm eine Bildungsweise annehmen wollen, die total verschieden von der des Syenit ist? — Mag auch der Syenit aus der Tiefe hervorgetreten sein (denn grofse Niveau-Veränderungen in den Gesteinen, welche die Erdkruste bilden, können wir nicht läugnen) so wie er jetzt erscheint, ist er auf plutonischem Wege gewifs nicht gebildet worden *).

In nachstehender Zusammenstellung

| | I. | II. | III. | IV. |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . | 70,00 | 65,00 | 67,50 | 60,03 |
| Thonerde . . . | 12,38 | 14,58 | 15,89 | 14,91 |
| Eisenoxyd . . . | 0,17 | 0,20 | 5,85 | 8,94 |
| Eisenoxydul . . | 1,51 | 1,78 | | |
| Kalkerde . . . . | 3,45 | 4,06 | 2,24 | 2,08 |
| Magnesia . . . | 3,46 | 4,08 | 3,67 | 4,22 |
| Kali . . . . . | 3,13 | 3,69 | 1,23 | 3,87 |
| Natron . . . . | 3,44 | 4,05 | 2,11 | — |
| Wasser . . . . | 0,56 | 0,66 | 1,13 | 5,67 |
| | 98,10 | 98,10 | 99,62 | 99,72 |

*) Die plutonischen Ideen würden vielleicht nicht eine so grofse Ausdehnung erlangt haben, wenn nicht Chemiker ersten Rangs ihnen gehuldigt hätten. Das Vorkommen von Olivin und Titaneisen in einem Syenit (S. 684) veranlafste Berzelius zu der Aeufserung im Jahre 1827. „Diese Umstände scheinen demnach immer bessere Beweise für die Richtigkeit der Vorstellung zu entwickeln, dafs auch der Syenit, ungeachtet seiner Grobkörnigkeit, (ja wohl ist diefs eine grofse Schwierigkeit) als geschmolzene Masse über schon fest gewordene jüngere Gebirgsarten ausgeflossen sei; kurz, dafs er zu den ältesten Vulkanphänomenen der Erde gehöre. Man kann dann zwar fragen, ob es nicht auch einen vulkanischen Granit gebe; und auch diese Frage möchte mit der Zeit befriedigend beantwortet werden können.“ Bald werden diese plutonischen Ideen ihr silbernes Jubiläum feiern; wir zweifeln aber sehr, dafs sie das goldene erleben werden.

Was den, seiner Entstehung nach, allerdings etwas räthselhaften Olivin betrifft (S. 684), so ist hier zu bemerken, dafs kürzlich (Journ. f. pract. Chem. Bd. XLVI. S. 222) Hermann ei-

sind I und II die beiden Syenite, wie sie oben (S. 925) berechnet worden, III und IV zwei Thonschiefer: jener von *Goslar* nach Frick *), dieser von *Prag* nach Pleischl **).

Man kann bei der unendlichen Verschiedenheit in der Zusammensetzung der Syenite und der Thonschiefer nicht erwarten, gerade einen Syenit und einen Thonschiefer zu finden, in denen die quantitativen Verhältnisse aller Bestandtheile übereinstimmen. Die Vergleichung von III und IV mit I und II zeigt jedoch eine solche Aehnlichkeit im Allgemeinen, dafs an der Möglichkeit nicht zu zweifeln ist, wie sich im Meere Absätze bilden konnten, die, wenn sie sich krystallinisch ausbildeten, Syenit gaben. Noch leichter ist aber zu begreifen, wie aus einer, der Zusammensetzung eines Thonschiefers ähnlichen, amorphen Masse durch einen Umwandlungsprocefs auf nassem Wege Syenit entstehen konnte; denn das Fehlende in jener (die geringeren Mengen der Kalkerde, Magnesia und der Alkalien) konnten dann durch Gewässer zugeführt, und das Ueberschüssige daraus fortgeführt werden.

Die Bildungsfolge der Mineralien des Syenit, welche sich mit der Vorstellung einer plutonischen Bildungsart durchaus nicht einigen läfst (S. 924), erklärt sich ganz ungezwungen aus einer Bildung auf nassem Wege. Bei den Krystallisationen der Salze aus einer gemeinschaftlichen Lösung gilt das Gesetz, dafs die schwerlöslichsten Salze zuerst, die leichtlöslichsten zuletzt krystallisiren. Dieses Gesetz kann aber bei den Krystallisationen in einem Gesteine keine Anwendung finden, weil die Mineralien nicht als solche vorhanden, und in gemeinschaftlicher Flüssigkeit aufgelöst sind, sondern sich erst aus vorhandenen Bestandtheilen bilden. In einem Gesteine von 60 — 67,5 Kieselsäure, wie die von Frick, Pleischl und Sauvage ***) analysirten Thonschiefer-Varietäten, schwankt die Kieselsäure um das im Orthoklas statt-

---

nen Olivin aus dem Talkschiefer, mithin aus einer unbestreitbar hydro-metamorphischen Gebirgsart untersucht hat, dessen Zusammensetzung völlig mit der des Olivins von *Langeac* (nach Berthier) übereinstimmt.

*) Poggend. Annal. Bd. XXXV. S. 188.

**) Journ. f. pract. Chem. Bd. XXXI. S. 45.

***) Annal. des Mines Ser. IV. T. VII. p. 411.

findende Verhältnifs. Sauvage fand indefs, dafs der Thonschiefer oft mehr als ein Drittel des Gesteins Quarz enthält, dem häufig Reste von Kali- und Natronfeldspath beigemengt sind.

Diese Reste sind als der Kern der Feldspathbildung zu betrachten. Sie sind die einzigen Mineralien, welche schon gebildet vorhanden sind. So wie ein in eine Salzlösung gebrachter Krystall desselben Salzes die Ausscheidung des gleichnamigen befördert, so ist zu denken, dafs jene Feldspathreste die Bildung neuen Feldspaths aus vorhandenen Silicaten veranlassen. Damit ist in völliger Uebereinstimmung, dafs in den Syeniten die Feldspathe und zunächst der Orthoklas zuerst entstanden sind. Sauvage fand ferner, dafs im Thonschiefer ein wasserfreies Thonerdesilicat aus gleichen Atomen seiner Bestandtheile, dem geringe Mengen anderer Silicate aus Magnesia, Kali und Natron beigemengt sind, vorhanden ist. Da dieses Thonerdesilicat 3 Mal so viel Thonerde, als der Orthoklas und 2 Mal so viel, als der Oligoklas enthält: so mufs, wenn es zur Bildung von jenem verwendet wird, $\frac{2}{3}$ und wenn es zur Bildung von diesem verwendet wird, $\frac{1}{3}$ der Thonerde ausgeschieden werden. So ist aber der Vorgang nicht zu denken. Das Thonerdesilicat zerfällt in drei verschiedene Silicate, wovon eins aus 1 At. Thonerde und 3 At. Kieselsäure zur Bildung von Orthoklas, ein anderes aus 1 At. Thonerde und 2 At. Kieselsäure zur Bildung von Oligoklas und der Rest zur Bildung von Hornblende verwendet wird. Mit den beiden ersten Thonerdesilicaten verbinden sich die Silicate der Alkalien, mit dem letzteren die übrigen Silicate.

Sauvage fand im Thonschiefer, aufser den genannten Silicaten und dem Quarze, noch Chlorit gemengt mit Eisen- und Manganoxyd und mit einer organischen Substanz, welche dem Gesteine eine graue und bläulichgraue Farbe ertheilt. Alle diese Gemengtheile sind in feinen Theilchen von ungleicher Gröfse innigst mit einander gemengt. Der Chlorit ist darin als aufserordentlich feines Pulver, welches alle übrigen Gemengtheile durchdringt. Das Thonerdesilicat findet sich darin im Allgemeinen in glänzenden Blättchen, die man an ihrem Reflex erkennt, wenn der von der färbenden Substanz befreite Schiefer im Wasser suspendirt erhalten wird.

Da sich Hornblende in Chlorit umwandeln kann (S. 865), so ist unter ganz veränderten Umständen wohl eine umgekehrte Umwandlung denkbar. Möglicher Weise könnte sich Chlorit bloſs durch Aufnahme von Kalksilicat in Hornblende umwandeln. Wir verfolgen jedoch diese Möglichkeit nicht weiter, da uns hierzu empirische Anhaltepuncte fehlen. So viel begreifen wir aber, daſs die Metamorphose eines Thonschiefers, wenn sie so erfolgt, wie wir oben angedeutet haben, während ihrer ganzen Dauer mit einer Quarzausscheidung oder vielmehr mit einer Quarzanhäufung verknüpft sein muſs. Verhält sich nämlich der im Thonschiefer mit der übrigen Masse innigst gemengte Quarz passiv, d. h. nimmt er keinen Antheil an der Metamorphose: so wird er bloſs, während die Feldspathe und die Hornblende sich bilden, aus der ganzen Masse ausgeschieden, und je mehr die Bildung jener Krystalle fortschreitet, desto mehr wird er zurückgedrängt, bis er endlich nur noch Platz in den Zwischenräumen derselben findet.

Nach chemischen Principien ist allerdings zu vermuthen, daſs der aus der Masse des Thonschiefers ausgeschiedene Quarz keine active Rolle beim Umwandlungsprocesse spiele; denn die Kieselsäure scheint in ihrer unauflöslichen Modification nicht im Stande zu sein, mit Basen auf nassem Wege Silicate zu bilden. In dieser unauflöslichen Modification müssen wir aber die freie Kieselsäure in der Masse des Thonschiefers voraussetzen. Indeſs der im Syenit enthaltene Quarz ist eine cohärente Masse, die sich aus ausgeschiedenen Quarzstäubchen nicht bilden kann, sofern diese nicht durch ein Bindemittel zusammengekittet werden. Ein solches Bindemittel könnte, da die Analyse des Quarzes in der Regel nur äuſserst geringe Beimischungen nachweiset, bloſs im Wasser gelöste Kieselsäure sein *), in welchem Falle die Metamorphose mit einer theilweisen Zersetzung vorhandener Silicate, die diese Kieselsäure geliefert hätten, begleitet sein müſste. Oder die das Gestein durchdringenden Gewässer müſsten die Kieselsäure

*) Ein Analogon einer solchen Bildung würden alle Sandsteine darbieten, deren Bindemittel Kieselsäure ist; nur daſs hier mehr oder weniger sichtbare Quarzkörner, in den Sandsteinen der Braunkohlenformation sogar groſse Quarzgeschiebe zusammengekittet sind.

anders woher geführt haben, was um so leichter zu begreifen wäre, da alle Quellwasser Kieselsäure gelöst enthalten. Ist aber der indifferente Zustand der Kieselsäure nicht im absoluten Sinne zu nehmen; vermag sie, bei lange anhaltender Berührung mit wässrigen Flüssigkeiten, die verschiedene Stoffe aufgelöst enthalten, allmälig aus der unauflöslichen Modification in die auflösliche überzugehen: so können die ausgeschiedenen Quarzstäubchen durch theilweise Auflösung im Wasser nicht blofs agglutiniren, sondern die aufgelöste Kieselsäure kann sogar in die Mischung vorhandener Silicate eingehen.

Wo die Beobachtung, wo das Experiment uns verläfst, da nehmen wir Zuflucht zu einem unvergleichlichen Hülfsmittel im Gebiete der unorganischen Natur, zu einem Mittel, welches die chemischen Geologen fast nie verläfst: zu den Pseudomorphosen. Wir kennen drei Pseudomorphosen nach Formen von Quarz: Speckstein, Brauneisenstein und Eisenkies, wovon die erste eine ziemlich gemeine Erscheinung, die zweite etwas seltener und die dritte noch nicht so ganz ausgemacht ist. Aber nur eine solche Erscheinung reicht für unsere Betrachtungen hin; denn sie zeigt die Möglichkeit, dafs Quarz, mithin Kieselsäure in ihrer unauflöslichen Modification, durch Gewässer fortgeführt, mithin aufgelöst werden kann *). Daher ist die Möglichkeit nicht zu bezweifeln, dafs, bei der Umwandlung des Thonschiefers in irgend ein krystallinisches Gestein, die Quarzstäubchen wie die übrigen Gemengtheile eine active Rolle spielen. Eine solche Möglichkeit erkannt zu haben, ist von nicht geringer Wichtigkeit; denn wir begreifen nun, wie sich in einem quarzreichen sedimentären Gesteine die an Kieselsäure reichsten Mineralien, nämlich Feldspathe bilden können, obgleich die vorhandenen Silicate, wie

*) Aber nicht blofs die Pseudomorphosen nach Formen von Quarz, auch manchmal zerfressene Quarze zeigen, dafs Flüssigkeiten an ihnen genagt haben. In der Sammlung des Markscheiders Bocksch zu *Waldenburg* fand ich interessante Gangstücke dieser Art aus einer Erzgrube bei *Rudelstadt*. Im Quarz sind Höhlungen nach gleicher Richtung, wie wenn in denselben Wasser geflossen wären. Ein zweites ähnliches Stück enthält Kupferkies eingesprengt.

das von **Sauvage** im Thonschiefer gefundene Thonerdesilicat nur $\frac{1}{3}$ der Kieselsäure des Orthoklas enthalten. Wir begreifen, wie bei einer solchen Metamorphose der Feldspath zu- und der Quarz abnehmen kann, sofern die zur Bildung des ersteren nöthigen Basen, namentlich die Alkalien, in gehöriger Menge im Gesteine vorhanden sind, oder von Gewässern aus benachbarten Gesteinen zugeführt werden. Dafs bei der Bildung des Quarzes nicht blofs im Syenit, sondern auch im Granit und in anderen quarzführenden Gesteinen, Gewässer thätig gewesen waren, beweiset der Umstand, dafs die verschiedenen, namentlich die rauchgrauen Farben des Quarzes meist von organischen Substanzen herrühren; denn diese Quarze brennen sich im Feuer weifs.

Dafs eben sowohl quarzfreie, wie quarzhaltige Syenite aus Thonschiefer hervorgehen können, bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung. Haben wir Thonschiefer gefunden, welche einer Umwandlung in Diorit fähig sind: so ist eine Umwandlung in einen quarzfreien Syenit um so leichter zu begreifen, da dazu geringere Quantitäten von Kalksilicat hinreichen (S. 942). Quarzfreie Thonschiefer, wie die oben (S. 991) angeführten, oder überhaupt solche, in denen die Kieselsäure 64 Proc. nicht übersteigt (S. 924), würden zur Umwandlung in quarzfreie Syenite besonders geeignet sein.

## Kap. XIII.

### Körniger Kalk.

Der Ansicht, dafs der körnige Kalkstein ein umgeschmolzener dichter sei (S. 1001), stehen eben so viele Einwendungen entgegen, wie der, dafs er einen eruptiven Ursprung habe.

Nimmt man eine Veränderung im Contacte eines sedimentären Gesteins mit einer Gangmasse wahr, die man für eruptiv hält: so kann man für einen Augenblick an eine Schmelzung denken. Bildet aber der körnige Kalk die Gangmasse: so fehlt die Ursache, welche den Kalk hätte schmelzen können.

Coquand *) hatte Gelegenheit, während eines vierjährigen Aufenthalts in den *Pyrenäen*, wo fast ohne Unterbrechung von *Perpignan* bis *Bayonne* mächtige Massen krystallinischen Kalkes an der Grenze der secundären Formationen auftreten, Dufrénoy's Beobachtungen, dafs der dichte Kalk im Contacte mit Granitgängen in Marmor und Dolomit umgewandelt erscheint, nach aufsen aber reich an Petrefacten ist, zu bestätigen. Für die Ansicht, dafs der körnige Kalk nur ein metamorphisches Gestein sei, führt er an, dafs die fremden Mineraleinschlüsse desselben abhängig von der Natur der umändernden Gesteine seien. Wenn er sich aber defshalb auf das Vorkommen des Glimmers im körnigen Kalke bezieht, der mit Granit in Berührung steht: so setzen wir ihm entgegen den glimmerreichen körnigen Kalk im *Glätzer* Uebergangsgebirge (S. 999.), welcher weder von Granit noch von

---

*) n. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1843. S. 844 ff.

irgend einem massigen krystallinischen Gesteine berührt wird. Ueberdiefs sind nach gerade die Kalksilicat-haltenden Mineralien (Granat, Vesuvian, Wernerit, Wollastonit u. s. w.) überaus häufig im körnigen Kalke eingeschlossen, gleichviel ob das Nebengestein solche Mineralien enthält oder nicht. Wer die Mineralien im körnigen Kalke für Sublimationsproducte aus dem eruptiven Gesteine hält, wer sogar Kalkspathmandeln vom Mandelstein in Talkschiefer übergehen läfst, wer endlich aus dem höheren spec. Gewichte des körnigen Kalkes im Verhältnisse zu dem des dichten Kalkes schliefst, dafs nicht blofs die Hitze, sondern auch der Druck diesen in jenen umgewandelt habe, der ist so sehr in unhaltbaren plutonisch-metamorphischen Ideen verstrickt, dafs es ihm schwer werden mufste, reine Beobachtungen zu machen.

Cotta *) nennt die Contactwirkungen des Melaphyr in der Schlucht von *St. Ullrich* sonderbar. Allerdings ist es sonderbar, wenn hier der kalkige Schiefer an der Grenze des Melaphyr in einen festen Hornfels umgewandelt erscheint, während unterhalb *Predazzo* **) die Melaphyrgänge keine andere Einwirkung auf den Muschelkalk ausgeübt haben sollen, als dafs dieser auf 1 oder 2 Zoll Entfernung etwas krystallinischer geworden ist. Zwei total verschiedene Wirkungen können unmöglich von derselben Ursache „von einer Hitzeinwirkung unter hohem Drucke" herrühren. Ein Krystallinischwerden des Kalksteins fordert nicht immer eine Aufnahme oder einen Verlust von Bestandtheilen. Eine solche Wirkung der Hitze, wodurch weder Materielles abgegeben, noch fortgetrieben wird, wäre zu begreifen; denn an ein Sublimiren ist nicht zu denken, da sich nichts Sublimirbares in den Gesteinen, welche auf einander gewirkt haben sollen, vorfindet, und da überdiefs der hohe Druck, welcher die Entweichung der Kohlensäure verhindert haben soll, auch die Entweichung anderer flüchtiger Bestandtheile, wenn sie vorhanden gewesen wären, verhindert haben würde.

Indefs die von Cotta angeführte Verminderung der 17 bis 18 Proc. Magnesia bis auf 2 Proc. in einem Kalksteine

*) Geolog. Briefe u. s. w. S. 186.

**) S. 194.

unmittelbar neben basaltartigen Grünsteingängen auf der Insel *Bute*, an der Küste von *Schottland*, nach James Pryce *) Bestimmung, zeigt, dafs beim Uebergange des Kalksteins in einen etwas körnigen Zustand ein Verlust stattfinden kann. Dieselbe Differenz fand sich zwischen dem Magnesiagehalte des Muschelkalks, unterhalb *Predazzo*, ein Fufs vom Gange und in unmittelbarer Berührung; sie ist jedoch so gering, dafs nichts Bestimmtes daraus zu schliefsen ist.

Jene Differenz von 15—16 Proc. würde die Plutonisten zum Nachdenken bringen können, wenn nicht das plutonische Feuer die wäfsrigen Gedanken in den Hintergrund stellte. Wenn hier ein Causalzusammenhang zwischen dem Grünstein und dem angrenzenden Kalksteine nicht zu verkennen ist: so wird doch im Ernste kein Plutonist, selbst nicht der feurigste, glauben, dafs der feuerflüssige Grünstein die Magnesia aus dem Nebengesteine verjagt habe! — Sie kann nur durch Gewässer fortgeführt worden sein, und der Grünsteingang wird in so weit concurrirt haben, als in Gängen und in deren Nähe sich überhaupt Gewässer leichter bewegen, als durch ein Gestein, welches nicht von Gängen durchschnitten ist. Wenn daher nur Wasser die Magnesia fortgeführt haben kann: so liegt die Vermuthung sehr nahe, dafs auch dieses Wasser es war, welches den etwas krystallinischen Zustand des Kalksteins hervorgerufen hat. Dieser Zustand ist um so weniger als das Resultat einer plutonischen Einwirkung anzunehmen, da auch die dichtesten Kalksteine unter dem Mikroskope eine krystallinisch-körnige Structur erkennen lassen, und da der kohlensaure Kalk eines Korallenkalksteins gleichfalls nach und nach in ein Aggregat von Kalkspath-Individuen übergeht**). Eine Schwierigkeit bietet sich indefs dar, die sich übrigens mit einer Umwandlung des Kalksteins auf nassem Wege leichter, als auf plutonischem einigen läfst: ob nämlich die Magnesia in demselben durch Kalkerde aus den Gewässern ersetzt worden ist, da sonst der umgewandelte Kalkstein porös oder drusig erscheinen müfste. Pseudomorphosen von Bitterspath nach Kalkspath sind bekannt, aber nicht umgekehrt. Defshalb spre-

---

*) Philosoph. Magazine No. 234.

**) Naumann's Lehrbuch d. Geognosie Bd. I. S. 441 und 663.

chen pseudomorphe Processe nicht dafür, dafs die Magnesia durch die Kalkerde verdrängt worden sei.

Eine Umwandlung des kalkigen Schiefers in festen Hornfels setzt das Eindringen von Kieselsäure, welche nicht durch den Melaphyr hinein geblasen worden sein kann, voraus. Cotta sagt nicht, ob dieser Hornfels noch mit Säuren braust. Der einfache Versuch mit ein Paar Tropfen Säure würde Licht auf die von Statten gegangene Metamorphose werfen. Braust noch der Hornfels, so hat die Kieselsäure blofs die Zwischenräume des kalkigen Schiefers ausgefüllt. Braust er nicht, so hat die Kieselsäure den kohlensauren Kalk verdrängt. Nichts ist aber leichter zu begreifen, als eine solche Verdrängung; denn da sich Quarz in verschiedenen Formen des Kalkspaths findet *): so ist damit der Beweis gegeben, dafs Kieselsäure kohlensauren Kalk verdrängen kann. Den Beweis, dafs diese Verdrängung auf nassem Wege stattgefunden habe, wird man uns erlassen, da wir sonst das oft Gesagte bis zum Ueberdrusse wiederholen müfsten. Wir verweisen blofs auf das Vorkommen der Verdrängungs-Pseudomorphosen von Quarz nach Kalkspath in Amethystkugeln aus den Mandelsteinen von *Oberstein* **); mithin in einem Raume, den das Reich des Pluto nicht, wenigstens nicht umschlossen hat, als die Absätze darin sich gebildet hatten. Nach allen diesen Bemerkungen kann von einer Contactwirkung des Melaphyr auf den kalkigen Schiefer im plutonischen Sinne nicht die Rede sein. Nach den zahlreichen Beobachtungen v. Dechen's zeigt sich auch das Nebengestein der Melaphyr-Gänge im Kohlengebirge der *Nahe* und *Saar* gewöhnlich ganz unverändert. Nur in den in den Gängen eingeschlossenen Parthien des Schieferthons nimmt man Uebergänge in Kieselschiefer oder in Thonstein wahr (Bd. II. S. 770); mithin Verkieselungen, wie sie Cotta beobachtet hat. Diese Verkieselungen mögen von theilweise zersetztem Melaphyr herrühren; denn eben so wie sich Quarz in Drusenräumen, in Adern und in Knollen der augitischen Labradorgesteine als Zersetzungsproduct derselben findet (S. 833), kann er auch

*) Blum die Pseudomorphosen. S. 231 ff.

**) Nachtrag zu den Pseudomorphosen. S. 135.

in das Nebengestein geführt worden sein. Auch W. Fuchs *) fand im Kalk und Dolomit, welche von Melaphyren durchsetzt werden, keine merkliche Veränderung. Dasselbe Verhalten zeigt sich am Syenit des *Monzone* und überhaupt in allen Porphyren des *Fassathals*. Girard **) führt einen Hyperit an, der in der Gegend von *Elbingerode* den Kalk durchsetzt. Beide schneiden so bestimmt gegen einander ab, dafs nur eine Linie die Grenze anzeigt. Wie wäre eine so scharfe Grenze möglich, wenn der Hyperit als feuerflüssige Masse in den Kalk getreten wäre?

Versteht Cotta unter den begleitenden Umständen, welche auf plutonische Einwirkungen hinweisen, die sonderbaren Contactwirkungen: so fehlen wenigstens beim Melaphyr in der Berührung mit dem kalkigen Schiefer die Beweise.

Da man Thatsachen nicht blofs durch eigene, sondern auch durch Anschauung Anderer kennen lernen kann: so werden wir wohl nicht in den Fehler verfallen, den Cotta an einigen theoretischen Geologen rügt, „dafs sie über Thatsachen urtheilen, die sie nicht gehörig kennen," wenn wir uns ein Urtheil über die von ihm genau beschriebenen Contactverhältnisse des Kalksteins mit Granit bei *Predazzo* erlauben. „Die Grenze zwischen beiden Gesteinen, sagt er, ist völlig scharf. Vielfach verzweigt sich der Granit gangförmig in den Kalkstein, und die am Ursprung aus der Hauptmasse deutlichen Granitgänge werden mit ihrem tieferen Eindringen in den Kalkstein immer talkiger und gehen sehr bald in deutliche Serpentingänge über, von denen der Marmor auch mehrfach durchschnitten ist. An der Granitgrenze bei *Predazzo* ist der dichte Kalkstein deutlich in weifsen ganz krystallinischen Marmor umgewandelt, der, nach Petzholdt, 32 Proc. kohlensaure Magnesia und etwas Wasser enthält und von demselben Predazzit genannt wurde. Wenn man hier nun zugleich das gangförmige Eindringen dieses Granit in den Marmor berücksichtigt: so kann man nicht zweifeln, dafs das Empordringen des ersteren im heifsflüssigen Zustande die Durchdringung und Umwandlung bewirkt hat."

*) Die Venetianer Alpen 1844. S. 14.

**) n. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1848. S. 263.

Jener Wassergehalt wird unserm Berichterstatter nicht im Wege stehen; denn der hohe Druck, welcher, nach ihm, die Kohlensäure im Kalksteine zurückgehalten hat, wird ja wohl auch das Wasser zurückgehalten haben. Aber wir können nicht umhin, die Bemerkung Cotta's auch auf chemische Thatsachen anzuwenden. Erst ist zu untersuchen, ob die 7 Procent Wasser in jenem Predazzit chemisch gebunden sind. Klaproth *) giebt im Gurofian, in einem Bitterspathe, dessen Zusammensetzung mit dem Predazzit sehr nahe übereinstimmt, kein Wasser an. Dieser Gurofian ist aber entschieden eine Bildung auf nassem Wege; denn er kommt gangförmig im Serpentin vor und findet sich stellenweise mit feinen Talkblättchen verwachsen. Doch daraus wollen wir keine Gründe gegen eine plutonische Bildung des Predazzit ableiten; denn wenn die Bildung eines Minerals auf diesem Wege überhaupt möglich ist: so sind keine chemischen Gründe vorhanden, sie defshalb zu leugnen, weil das Mineral auch auf nassem Wege entstehen kann. Wenn aber der im Serpentin, in einem 13 Proc. Wasser haltenden Gesteine vorkommende Gurofian kein Wasser enthält: so mufs es wenigstens als eine Curiosität erscheinen, dafs der durch eine vermeintliche plutonische Metamorphose gebildete Predazzit Wasser enthält. Zunächst wäre zu prüfen, ob denn auch der aus Muschelkalk entstandene Predazzit wasserhaltig ist, und dann, ob dieser sedimentäre Kalkstein schon 32 Proc. kohlensaure Magnesia enthält. Beides ist nach den bisherigen Untersuchungen nicht wahrscheinlich.

Vergleicht man, sagt Cotta, mit der Umwandlung des Muschelkalks in krystallinischen Marmor die theilweise Umwandlung des dichten in körnigen Kalkstein, neben fast allen dortigen Melaphyrgängen, und die analogen Fälle auf der Insel *Bute* (S. 1012.): so kann man kaum daran zweifeln, dafs hohe Temperatur unter starkem Drucke die Hauptursache der Umwandlung gewesen ist. Aber gerade dieser Vergleich hätte Cotta auf die ganz verschiedenen Verhältnisse zwischen den vermeintlichen Contactwirkungen des Granit und des Mela-

---

*) Beiträge Bd. V. 103.

phyr aufmerksam machen können. In Berührung mit Melaphyr hatte der Muschelkalk 15 bis 16 Proc. Magnesia verloren; in Berührung mit Granit enthält er dagegen 32 Proc. kohlensaure Magnesia. Plutonisch betrachtet hätte also der Magnesiahaltige Melaphyr die Magnesia im Muschelkalke fortgejagt, während der Granit sie conservirt, oder wenn sie im Muschelkalke nicht schon vorhanden war, hineingeblasen hätte. Drei total verschiedene Wirkungen würde also eine und dieselbe Ursache, die plutonische Hitze, hervorgebracht haben; denn die oben (S. 1011.) erwähnte Umwandlung des kalkigen Schiefers in Hornfels, mithin das Hineinblasen von Kieselsäure in dieses Gestein, soll ja gleichfalls eine plutonisch-metamorphische Wirkung sein. Also ein neues Curiosum. Der in seinem unzersetzten Zustande keine freie Kieselsäure haltende Melaphyr hätte diesen Bestandtheil in den kalkigen Schiefer geblasen; der freie Kieselsäure haltende Granit hätte es aber nicht vermocht; denn Cotta führt wenigstens nicht an, daſs in der Gegend von *Pedrazzo* der Granit Silificationen im Nebengesteine bewirkt habe. Zu solchen Widersprüchen kommt man, wenn man selbst dürftige chemische Thatsachen, wie sie im Vorstehenden gegeben sind, unberücksichtigt, und die verschiedenartigsten Erscheinungen vom plutonischen Feuer hervorbringen läſst.

Cotta findet es selbst sehr überraschend, daſs, nach der Ablagerung des Muschelkalksteins, heiſsflüssiger Granit unter sehr hohem Drucke emporgepreſst worden ist, was mit solcher Evidenz bis jetzt selbst im *Berner Oberlande* noch nicht, (vielleicht deſshalb nicht, weil hier nur häufig, also nicht überall, der dichte Kalkstein an den Grenzen in körnigen Kalkstein umgewandelt ist) *), beobachtet werden konnte. Wenn nun zwar „alle diese Umwandlung begleitenden Umstände der Art sind, daſs sie den hartnäckigsten Zweifler überzeugen müssen“: so kann man doch mit dieser Evidenz den Nachsatz: „möge nun die Erklärung der Thatsache so schwierig sein, wie sie wolle, möge hohe Temperatur oder irgend eine andere Art von Einwirkung ihre Ursache sein,“ nicht vereinigen. Durch eine solche Reservatio men-

*) A. a. O. S. 64.

talis bleibt allerdings die Hinterthüre offen; für uns ist aber diese Hinterthüre die Hauptthüre, durch welche man sich Eingang zur richtigen Erklärung verschaffen kann. Ist nämlich die Gangmasse in den Granitgängen das Resultat einer Krystallisation auf nassem Wege: so müssen viele Gewässer durch die Spalten gedrungen sein, ehe entweder die Gangmasse abgesetzt, oder aus einer amorphen Masse eine krystallinische gebildet werden konnte. Ganz begreiflich ist es dann, dafs auch das Nebengestein von diesen Gewässern durchzogen worden ist. Da aber dieses Nebengestein aus ganz andern Mineralien besteht, als wir sie in den Granitgängen finden: so haben die Gewässer darin auch ganz andere Krystallisationen hervorgebracht.

Billig hätte man erwarten können, dafs Cotta, der sich nicht blofs auf Beschreibung beschränkte, sondern in das Genetische einging, auch über den Uebergang der Granitgänge in Serpentingänge einen plutonischen Nachweis gegeben hätte. Mit dem Ausspruche, „dafs bei *Predazzo* wirklich quarzhaltiger Granit den Muschelkalk durchsetzt hat und gangförmig in ihn eingedrungen ist, wodurch Predazzit und später Serpentin entstanden ist," ist wenigstens ein solcher Nachweis noch nicht geliefert. Wie zu begreifen ist, dafs der heifsflüssige Granit erst den Muschelkalk in Predazzit und dann sich selbst in Serpentin umgewandelt hat, diefs geht über unsern Horizont.

Granit und Serpentin sind so völlig verschiedene Gesteine, dafs die lebhafteste Einbildungskraft nicht hinreichen wird, die Umwandlung jenes Gesteins in dieses auf plutonischem Wege zu begreifen. Einem Granit ohne Magnesiaglimmer, wie er wohl am häufigsten vorkommt, fehlt der Hauptbestandtheil des Serpentins, die Magnesia; dagegen enthält der Serpentin als wesentlichen Bestandtheil Wasser, welches in einem unveränderten Granit nur spurweise in seinem Glimmer vorkommt. Selbst auf nassem Wege, wo doch ein mannichfaltiges Spiel von Austausch, von Verdrängung u. s. w. gedacht werden kann, wird es schwer, sich eine Umwandlung des Granit in Serpentin zu denken; man könnte den Procefs nur in die Kategorie der Umwandlungen oder vielmehr der Verdrängungen durch Speckstein (Bd. I S. 791.)

bringen. Wenn, wie Cotta berichtet, die Serpentingänge zum Theil noch jetzt aus Granit bestehen: so möchte man den Serpentin gleichsam für Verdrängungspseudomorphosen nach Granit halten; wenn man aber den Gewässern zutrauen will, dafs sie den Granit mit Stumpf und Stiel wegführen, und an dessen Stelle Serpentin absetzen: so können sie diefs auch ohne vorhergegangene Verdrängung bewirken. Die so sehr verschiedenen Absätze der Gewässer in denselben Drusenräumen der Mandelsteine (kieselige Bildungen, Carbonate, Zeolithe u. s. w.) sind nicht weniger verschieden, als die Bestandtheile des Granits und der Serpentin in denselben Spalten.

Wir kommen zum Auftreten des körnigen Kalks als Gangmasse, wie unter andern bei *Auerbach* an der *Bergstrafse.*

Mächtige Gänge im Gneifse sind hier mit körnigem Kalke erfüllt. Wäre die Gangmasse ein umgeschmolzener dichter Kalk: so möchte schwerlich eine andere Annahme zu finden sein, als dafs kohlensaure Kalkerde in die Spalten gekommen sei, während der Gneifs noch unter dem Meere lag. Doch mag man irgend ein anderes Eindringen des kohlensauren Kalks annehmen, die Schwierigkeiten, sich die plutonische Umwandlung zu denken, bleiben immer dieselben.

Als ich den mächtigsten der dort im Betriebe stehenden Gänge körnigen Kalks, im *Hochstädter Thale* *), vor drei Jahren besuchte, fielen mir die vor der Grube aufgehäuften graublauen Kalksteine neben blendend weifsen auf. Als meine Frage, ob sich jene weifs brennen, vom Steiger bejahend beantwortet wurde, konnte ich keinen Augenblick zweifeln, dafs das Färbende organischen Ursprungs sei. Die Untersuchung im Laboratorium ergab denn auch, dafs sich beim Glühen des graublauen Kalks in einer Porzellanretorte ein

*) Ob er ein den Gneifs ganz durchsetzender Gang sei, oder ob er sich nach unten auskeile, lassen wir dahin gestellt. Die Gangwände fallen nach der Tiefe hin gegen einander. Nach der Versicherung des Steigers Vesper beträgt diefs auf das Lachter 8 Zoll. Sollte die Neigung in diesem Verhältnisse fortschreiten: so würde sich der 30 Fufs mächtige Gang schon in mäfsiger Tiefe auskeilen.

Gemeng aus Kohlensäuregas und Kohlenoxydgas entwickelte (Bd. II. S. 54.). Nach der Absorption des ersteren durch Kalilauge brannte das rückständige Gas mit der bekannten blauen Flamme des Kohlenoxydgases. Hieraus folgt entschieden, dafs die kohlenstoffhaltige Substanz, welche beim Glühen einen Theil der Kohlensäure des körnigen Kalkes in Kohlenoxydgas umgewandelt hatte, diese Umwandlung gleichfalls bei der angenommenen Schmelzung hätte bewirken müssen. Dieser Einwendung könnten die Plutonisten nur durch die Annahme begegnen, dafs die kohlenstoffhaltige Substanz erst nach der Schmelzung in den körnigen Kalk eingeführt worden sei. Da eine solche Einführung nur durch Gewässer als möglich gedacht werden kann: so setzt diefs eine völlige Durchdringbarkeit des Gesteins von Wasser voraus. Auffallend würde es aber sein, dafs diese Gewässer nur am Liegenden geflossen seien; denn nur hier findet sich der graublaue Kalk, dagegen der weifse am Hangenden. Dafs übrigens Gewässer nach der Erfüllung der Spalte dort wirklich ihre Herrschaft ausgeübt haben, zeigen andere Erscheinungen.

Vom Liegenden des Ganges zieht sich, nach der Angabe des Steigers, hufeisenförmig Kalkspath in gröfseren Massen, so dafs sich gegen 2 Fufs grofse Platten herausbrechen lassen *), in das Innere des Gangraums. Die Flächen der Kalkspathrhomboëder sind häufig ochergelb angelaufen und mit Dendriten überzogen; das Innere in den Drusen ist mit Eisenoxydhydrat erfüllt. Auch der körnige Kalk ist damit manchmal ganz durchdrungen. An den Saalbändern ist der Gneifs sehr zersetzt. Gneifsblöcke im körnigen Kalke sind ringsumher mit Letten überzogen und söhlige Absonderungen damit ausgefüllt und gestreift. Dafs alles dieses erst nach der Erfüllung der Gangspalte eingetreten ist, kann nicht bezweifelt werden, dafs selbst der Kalkspath durch eine spätere Umkrystallisirung, in Folge der durchfiltrirten Gewässer, entstanden sei, ist nach den unten folgenden chemischen Untersuchungen nicht zweifelhaft.

Wie soll man sich aber die, allen diesen Wirkungen der

---

*) Luck im n. Jahrb. f. Min. 1847. S. 452.

Gewässer vorausgegangene Umschmelzung des dichten Kalksteins denken? — Man wird vielleicht sagen: der Gneifs ist ein durch plutonisches Feuer metamorphosirtes sedimentäres Gestein, und während dieser Metamorphose wurde auch der dichte Kalkstein in körnigen umgewandelt. Wo ist aber das eruptive Gestein, welches das sedimentäre mit seinem eingeschlossenen kohlensauren Kalke hätte braten können? — Tief unter dem Gneifse müfste es liegen; läge es aber auch gleich unter der dermaligen Thalsohle, und wäre es einstens noch so heifs gewesen; durch schlechte Wärmeleiter, wie die Gesteine sind, hätte die Hitze unmöglich bis zum obern Ende der, durch den Thaleinschnitt aufgeschlossenen Gneifsmasse metamorphosirend wirken können.

In der Grafschaft *Massa Carrara* sah Fr. Hoffmann *) den körnigen Kalk allmälig in dichten, versteinerungsreichen Jurakalk so übergehen, dafs er an der zusammenhängenden Bildung beider nicht zweifeln konnte. „Sehr überraschend ist es," sagt er **), „Thon- und Glimmerschiefer, Talkschiefer und Gneifs unter Lagerungsverhältnissen und in Verbindungen zu treffen, welche an der Gleichzeitigkeit, am Zusammenhange ihrer Bildung mit Versteinerungen-führenden Kalksteinen keinen Zweifel lassen. Die Schiefer folgen nicht nur unmittelbar in ganz gleichförmiger Verbindung den Kalksteinen, sondern sie wechseln mit denselben ab, und verfliefsen so innig in ihre Masse, dafs letztere für unzweifelhafte Glieder des Flötzgebirges gelten müssen. Der Marmor, dessen Erscheinen sich so auffallend von seiner innigen Verschmelzung mit dem Schiefergesteine abhängig darstellt, ist sicher ein, durch plutonische Einwirkungen umgewandelter Kalkstein." Consequenter Weise betrachtet Hoffmann den Glimmer- und Talkschiefer, so wie den Gneifs gleichfalls als Producte einer tief eingreifenden Umarbeitung, und glaubt, dafs die wahrscheinlich lang anhaltende Einwirkung, welche alle diese veränderten Gesteine erzeugt hat, vom Emporbrechen einer Granitmasse begleitet war, die im Gebiete dieses Ge-

*) Jahrb. f. Min. u. s. w. 1833. S. 103.

**) Karsten's Archiv f. Min. Bd. VI. S. 258 ff.

birges nicht fern unter der Sohle tief eingerissener Thalgründe zurückblieb. Da haben wir also wieder ein granitisches Gespenst, wie die Alten ihren Horror vacui: da wird uns eine unbekannte Gröfse zur Erklärung einer bekannten Erscheinung dargeboten. Ganz ehrlich fügt jedoch Hoffmann hinzu: vom Granite selbst weifs man aber in diesem Theile des Festlandes von *Italien* fast nichts *).

Ebenso wenig wie Hoffmann, können wir zweifeln, dafs der *carrarische* Marmor ein umgewandelter sedimentärer Kalkstein sei; nur statt des imaginären Granits setzen wir als Ursache der Umwandlung das nicht imaginäre Wasser, dessen Wirkungen wir im körnigen Kalke von *Auerbach* ganz deutlich erkannt haben.

Bei dieser Umwandlung müssen die organischen Formen der Versteinerungen zerstört werden. Dafs diese Zerstörung durch Hitze erfolgen kann, wird Niemand bestreiten; aber eben so wenig kann man sie dem Wasser absprechen. Die Zerstörung durch Hitze ist mit dem Brennen der Knochen oder Muschelschalen bei gehindertem Luftzutritte zu vergleichen: die Knochen werden durch Zerstörung des organischen Bestandtheils schwarz gebrannt. Die graue Farbe vieler körniger Kalke, der beigemengte Graphit konnte auf diese Weise entstanden sein; aber auch nur dann, wenn mäfsige Hitze

---

*) Russegger (n. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1844. S. 780.) hält die Gebirgsmassen der *Apuanischen Alpen*, deren höchste Rücken und Gipfel aus dem in Rede stehenden Marmor bestehen, nur für Kalke und Schiefer des Macigno, d. h. der untersten Kreideformation. Sie sollen durch einen ihm unbekannten Einflufs, vielleicht durch die Massen Erz-führender Lagerstätten, namentlich durch die mächtigen Eisenerzgänge, welche sie einschliefsen, umgewandelt worden sein: der dichte Kalk des Macigno in körnigen Kalk, der thonige und mergelige Schiefer des Macigno in Gneifs, Glimmer-, Talk- und Chloritschiefer.

Russegger, dem es an gutem plutonischen Glauben nicht fehlt, würde sich wohl nicht gegen die plutonisch-metamorphische Hypothese erklären, wenn sie ihm genügend erschiene. Welche Einwirkung er sich aber von den Erzgängen gedacht hat, scheint ihm selbst nicht klar geworden zu sein. Noch viel weniger können wir damit einen klaren Begriff verknüpfen.

gewirkt hätte. Bei stärkerer Hitze würden die kohligen Theile die Kohlensäure des kohlensauren Kalkes theilweise zu Kohlenoxydgas reducirt haben, und mit der Entweichung dieses Gases würden die dunkelgrau färbenden Gemengtheile des Gesteins verschwunden sein. Da hätten wir also die Erklärung, warum der körnige Kalk theils schneeweifs, theils grau u. s. w. erscheint. Sie pafst aber nicht auf die grauen Streifen, Adern, Flecken oder Wolken in vielen körnigen Kalksteinen; denn wie hätte in unmittelbarer Nähe theils starke, theils schwache Hitze wirken können? —

Bronn *) bemerkt richtig, dafs mit dem geologischen Alter die organische Materie in den thierischen Ueberresten der sedimentären Kalksteine abnimmt, und der von aufsen eingeführte kohlensaure Kalk zunimmt, und dafs im Verhältnisse dieser Zunahme das ursprüngliche Blättergefüge der Schalen und Knochen undeutlicher wird.

Bei der Umwandlung der sedimentären Kalksteine in körnige sind in der Regel die organische Formen ganz verschwunden. Es zeigt sich jedoch, nach Blum **), das Eigenthümliche, dafs die Stacheln, die einzelnen Stücke von Schalen und Stielen u. s. w. der Radiarien für sich unorganische Individuen bilden, aus welchen sich das primitive Kalkspathrhomboëder, welches in seiner Gröfse der der einzelnen Theile entspricht und von innerer organischer Textur keine Spur mehr zeigt, wie vollkommen sich auch die thierische Form nach aufsen hin erhalten hat, herausspalten läfst. Am deutlichsten tritt diefs bei den Crinoiden hervor. Diese Umwandlung scheint im Ganzen schnell vor sich gegangen zu sein; denn selbst in sehr jungen Gebirgsschichten kommen in der Regel nur zu Kalkspath umgewandelte Radiarien-Theile vor.

Diese Verhältnisse führen zur richtigen Erklärung der Umwandlung des dichten Kalksteins in körnigen. Die organische Materie wurde nach und nach auf nassem Wege zerstört und von Gewässern fortgeführt: sie wurde durch den

*) Geschichte der Natur. Bd. II. S. 673.

**) Nachtrag zu den Pseudomorphosen. S. 157.

kohlensauren Kalk, welchen sie absetzten, verdrängt. War die Verdrängung vollständig: so blieb ein weisser körniger Kalk zurück; war sie nicht vollständig, wurden nur die flüchtigen Bestandtheile der organischen Materie fortgeführt: so blieb der grau färbende Kohlenstoff zurück. Es erklären sich dann auch ganz ungezwungen die grauen Streifen, Adern, Flecken oder Wolken im weifsen hörnigen Kalke; denn hier war die Zersetzung und Fortführung nur theilweise. Es ist ein Analogon der so häufig theilweise erfolgenden Zersetzung der Mineralien und der theilweisen Fortführung ihrer Bestandtheile (Bd. II. S. 518).

Wäre nur Kalkspath oder faseriger Kalk das Versteinerungsmittel: so liefsen sich noch Einwendungen gegen die Umwandlung des dichten Kalksteins in körnigen machen. Schafhäutl *) fand aber rothe Marmore in den *Baierschen* Voralpen, beinahe ganz aus Kammern von Ammoniten zusammengesetzt, und das Marmorlager bei *Sinning* erschien ihm als ein ungeheurer Knäuel von überaus kleinen, einander dicht berührenden Wasser-Geschöpfen, die beinahe ohne Ausnahme den Zoophyten und zwar den Polypen angehörten. Blum **) zeigte endlich, dafs der körnige Kalk ein Versteinerungsmittel sehr verschiedener Mollusken in sehr verschiedenen Gebirgsschichten ist. Ein Verzeichnifs von 47 einzelnen Fällen giebt in dieser Beziehung eine reiche Uebersicht. Am häufigsten findet sich der körnige Kalk wohl bei den Polyparien, manchmal so ausgezeichnet, z. B. bei manchen Cyathophyllum- und Calamopora-Arten aus dem Devon-Kalke der *Eifel*, dafs jede organische Structur im Innern derselben verschwunden ist. Er läfst sich indefs auch bei Mollusken nachweisen, und es scheint in der That, als ob ein körniger Zustand des Kalkes im Innern der Schalen jener Thiere dem späthigen vorangegangen sei. Manchmal sind die einzelnen Kalkkörner so lose mit einander verbunden, dafs sie zwischen der äussern und innern harten Oberfläche der Schalen herausfallen und Zwischenräume hinter-

*) n. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1846. S. 645. und 1848. S. 137.

**) A. a. O. S. 167.

lassen, welche das Zerbrechen der Schalen verursachen. Er macht aufmerksam, dafs der Versteinerungsprocefs besonders durch die umschliefsende Gebirgsart bedingt war. Lockere Felsmassen, durch welche die kalkhaltigen Gewässer leichter dringen konnten, beförderten diesen Procefs mehr als dichte. So ging in manchen Oolithen, Sandsteinen und im thonigen Gesteine die Umwandlung der Schalen in Kalkspath oder körnigen Kalk viel vollständiger vor sich, als in manchen dichten Kalksteinen. In vielen Fällen fand die Umwandlung in körnigen Kalk im Innern der Schale zweischaliger Mollusken zuerst und viel vollständiger statt; ja bei manchen war das Innere ganz krystallinisch körnig, das Aeussere dagegen noch dicht. In demselben Gesteine und bei denselben Mollusken-Species nimmt man übrigens die verschiedenen Zustände der Versteinerung, in Kalkspath und in körnigen Kalk, wahr. Das Vorkommen der Petrefacten in verschiedenen Lagen der Gesteine, in oberen oder unteren, kann keinen Einflufs gehabt haben; denn man findet Muscheln, deren eine Schale zu Kalkspath, die andere zu körnigem Kalke geworden ist, ja an einer und derselben Schale, so wie bei einschaligen Konchylien trifft man beide Zustände dicht neben einander an. Wir erinnern hierbei an die oben (S. 988) angeführte, unter unsern Augen erfolgende Umwandlung der Muschelschalen in körnigen Kalk und in Kalkspath.

Hier haben wir viele Fälle, welche die Bildung des körnigen Kalks unter Umständen zeigen, wobei selbst die Plutonisten vom reinsten Feuer nicht an feurige Wirkungen denken werden. Oder sollte wirklich die Verblendung so weit gehen, dafs man, wenn einige Körner körnigen Kalks aus einer aufgehobenen versteinerten Muschelschale herausfallen, sogleich auf die Nähe des Granit, dieses geologischen Hokus-Pokusmachers, zu schliefsen sich für berechtigt hielte? — Thut man der Natur nicht Zwang an, wenn man sie mit grofsem Aufwande von Mitteln eine geringe Veränderung, in dem vorliegenden Falle blofs eine Veränderung der Aggregatform eines Gesteins, zu Stande bringen läfst: eine Veränderung, die Wassertropfen, welche vor unsern Augen durch das Gebirgsgestein filtriren, ohne alle Anstrengung hervorbringen? — Werden auch diese Einwände gegen die Um-

wandlung des körnigen Kalks aus dichten, auf feuerflüssigem Wege, zu theilweise sehr gesuchten Schwierigkeiten zusammenschrumpfen *)?

Cotta **) giebt uns Schuld, dafs wir mit Spott und Hohn gegen die Berechnung auf hohen Druck eifern. Wenn man ein Gespenst, wie der Druck ein solches ist, hier verscheucht zu haben glaubt, und es bald wieder dort in veränderter Gestalt zum Vorschein kommt: so äufsert sich der Unmuth auf irgend eine Weise. Längst schienen die Traumgebilde, dafs der Druck die chemischen Affinitäts-Gesetze umändern könne, verscheucht, und doch tauchen sie, wenn auch etwas moderirt, wieder auf. Sartorius von Waltershausen ***) vindicirt dem Drucke einen wesentlichen Einflufs auf die chemische Verwandtschaft. Er führt an als Grund für die grofse Wahrscheinlichkeit dieser Hypothese die von Wöhler (S. 980), bei einer Temperatur von 144° bis 152° R. und unter einem Drucke von 10 bis 12 Atmosphären, bewirkte wässrige Lösung des Apophyllit, aus welcher beim Erkalten dieses Mineral sich wieder in Krystallen ausschied. Bunsen †), der mit einer einfachen Vorrichtung einen mefsbaren Druck von 100—150 Atmosphären hervorbrachte, zeigte aber, dafs ein stundenlang wirkender Druck von selbst 79 Atmosphären, ohne Wärmeerhöhung, nicht im geringsten auf Apophyllitpulver wirkt, und dafs sich ebenso gepülverter Palagonit unter einem Drucke von 103 Atmosphären nur spurweise im Wasser löst, während er sich beim Kochen mit Wasser unter gewöhnlichem Atmosphärendrucke in weit erheblicherer Menge zersetzt und löst ††). Dem

*) Cotta a. a. O. S. 312.

**) n. Jahrb. f. Mineral. u. s. w. Jahrg. 1850. S. 312.

***) Physisch-geographische Skizze von Island.

†) Annal. d. Chem. und Pharm. Bd. LXV. S. 82.

††) Auch andere Versuche Bunsen's zeigen, dafs der Druck allein weder das Auflösungsvermögen der Flüssigkeiten vermehren, noch, wie erhöhte Temperatur, Zersetzungen bewirken kann. Haare, die sich unter dem Drucke von ein Paar Atmosphären nicht viele Grade über dem Siedpuncte des Wassers in wenigen Minuten lösen, mehrere Stunden lang einem Drucke von 50 bis 60 At-

Drucke an sich kann daher kein wesentlicher Einflufs auf chemische Kräfte zugeschrieben werden.

Nach diesen sehr interessanten Untersuchungen Bunsen's ist es nicht zweifelhaft, dafs das von den Gebrüdern Siemens in *Berlin* patentirte Verfahren *), Kieselsäure durch Digeriren mit einer Lösung von Aetzalkalien, in einem ganz verschlossenen Dampfkessel, unter einem Drucke von 4—5 Atmosphären aufzulösen und zur Erzeugung künstlicher Steine zu benutzen, nicht auf die Wirkung des Drucks, sondern nur auf die höhere Temperatur gegründet ist. Die Aetzalkalien lösen auf diese Weise ihre 3- bis 4fache Menge Kieselsäure auf. Diese Auflösung verbindet sich mit geglühtem und abgelöschtem Quarzsande und liefert nach dem Trocknen einen dichten, unlöslichen, weifsen Stein, welcher einen muschlichen glasigen Bruch und eine solche Härte hat, dafs er am Stahle Funken giebt. Aus dieser Auflösung scheiden sich

---

mosphären, ohne die Temperatur über 48° R. zu erhöhen, ausgesetzt, zeigen nicht die mindeste Veränderung. Wird Kochsalz, welches bekanntlich bei allen Temperaturen zwischen 0° und 87°,8 R. fast ganz gleich löslich im Wasser ist, als gesättigte Lösung mit einem kleinen Ueberschusse von festem Kochsalz einem Drucke von 67, ja sogar von 100 Atmosph. ausgesetzt: so zeigt sich weder eine Lösung des festen Salzes, noch eine Abscheidung des gelösten.

Bunsen fand, dafs sich die Carbonate der Baryt-Strontianerde u. s. w. bei ungefähr 160° in Salmiakflüssigkeit lösen, und beim langsamen Erkalten in oft millimeterlangen Krystallnadeln wieder abscheiden. Auch hier findet in den hermetisch verschlossenen Röhrchen, die zur Erhitzung bei solchen Versuchen dienen, ein Druck von etwa 15 Atmosph. statt. Läfst man ohne Temperaturerhöhung nur diesen Druck oder das Doppelte desselben auf die Flüssigkeit allein wirken: so zeigt sich keine Spur einer Wirkung. Eine harnstoffhaltige Chlorbariumlösung bis zu 108° R., also unter einem Drucke von höchstens 3 Atm. erhitzt, beginnt schon nach wenigen Minuten sich in Salmiak und kohlensauren Baryt zu zersetzen. Sechs Stunden lang dem abwechselnden Drucke von $\frac{1}{2}$ bis 30 Atmosph. ausgesetzt, zeigte sie auch nicht die mindeste Trübung von kohlensaurem Baryt.

*) Kunst- und Gewerbblatt 1847. H. IV. S. 265. Auch Dingler's polytechnisches Journ. Bd. CVI. S. 448.

nach einiger Zeit, auch in gänzlich verschlossenen Gefässen, $\frac{1}{3}$ Kieselsäure oder vielmehr Silicate ab, welche aus kieselsaurem Alkali und, je nach dem zur Auflösung verwendeten Materiale, aus einer kieselsauren Erde oder einem kieselsaurem Metalloxyde, meist aus Kalk und Thonerde, bestehen. Es folgt hieraus, dafs Wasser von 112°—120° auch Doppelsilicate aufzulösen vermag, welche sich bei Verminderung der Temperatur wieder ausscheiden. Die zähe Beschaffenheit der Lösung verhindert aber die Krystallisation und hält die Doppelsilicate noch einige Zeit suspendirt. Dafs wirklich unlösliche Doppelsilicate im Dampfkessel aufgelöst werden, zeigt sich auch, wenn der Auflösungsprocefs zu lange fortgesetzt wird. Dann überziehen sich nämlich die inneren Theile des Kessels mit einer unlöslichen, jenen Niederschlägen analogen Kruste. Da diefs bei gänzlich geschlossenem Kessel geschieht, worin also die Lösung nicht verdampfen kann: so schliefsen die Verf., dafs das anfangs gebildete kieselsaure Alkali mehr erdige Basen u. s. w. aufnimmt, als sich nachher gelöst erhalten können. Die gebildeten Doppelsilicate schlagen sich also nieder, was durch die grofse Dünnflüssigkeit der Lösung in der hohen Temperatur begünstigt wird.

Diese Erscheinungen werden den Plutonisten, welche gerne alles, was sie in Gängen finden, von unten herauf kommen lassen, zu grofser Beruhigung dienen. Was im Dampfkessel erfolgt, wird auch in der Tiefe einer Spalte, in welcher eine siedendheifse Quelle aufsteigt, stattfinden; denn auch dort wird unter dem Drucke der aufsteigenden Wassersäule eine, den Siedpunct des Wassers mehr oder weniger übersteigende Temperatur herrschen. Vermöge dieser höheren Temperatur müssen vorhandene Silicate aufgelöst und, beim Aufsteigen des heifsen Wassers und der dadurch bedingten Temperaturverminderung, in den Kanälen wieder abgesetzt werden. Diefs ist auch der einzige denkbare Fall einer Bildung von Absätzen in Kanälen einer aufsteigenden Quelle. Auf dem Grunde des *Geysers* wurde wirklich eine Temperatur von 102° R. gefunden (Bd. I. S. 762). Auch die Suffioni haben, wie nothwendig, in der Tiefe eine, 80° R. übersteigende Temperatur (Bd. I. S. 680.). Es wurde auch schon bemerkt (S. 761 ff.), dafs solche heifse Quellen ein stärkeres

Auflösungsvermögen auf kieselsaure Verbindungen äufsern werden, als kalte oder nur mäfsig erwärmte.

Noch mehr Beruhigung dürften vielleicht jene Plutonisten finden, wenn sie beachten, dafs wahrscheinlich auch andere Gangmassen, wie Barytspath, Flufsspath, Carbonate, vielleicht selbst Erze, in Temperaturen, welche die Siedhitze bei weitem übertreffen, in gröfseren Mengen im Wasser aufgelöst werden. Und erinnern sie sich an Rogers Versuche, (S. 978.): so dürften sie selbst die Möglichkeit nicht bezweifeln, dafs sogar verschiedene Silicate, Feldspath, Quarz, Glimmer u. s. w. zugleich von solchen Gewässern aufgelöst werden können. In allen diesen Fällen würde demnach das in der Tiefe Aufgelöste, mit Verminderung der Temperatur beim Aufsteigen, in höheren Teufen wieder abgesetzt werden, so dafs selbst Granitgänge einen solchen Ursprung haben könnten. Und so hätten wir denn eruptive Gangausfüllungen, freilich nicht durch das Feuer allein, sondern auch durch das Wasser hervorgebracht.

Allein wir müssen auf die Bemerkungen (Bd. I. S. 763) zurückkommen, dafs nämlich im Gebiete der unorganischen Chemie wohl nicht ein einziges Beispiel vorliegt, dafs da, wo heifses Wasser auflösend oder zersetzend wirkt, kaltes Wasser ganz unwirksam ist, und dafs siedendheifse Quellen zu den grofsen Seltenheiten gehören. Für uns haben daher die Versuche der Gebr. Siemens einen andern Werth, als für die Plutonisten: sie sind für uns blofs eine Bestätigung der aus vielen anderen Erscheinungen gefolgerten Auflöslichkeit der Silicate im Wasser auf directem Wege: eine Ergänzung der Versuche der Gebr. Rogers. Wir brauchen also nicht, wo wir Silicate in Gängen und Drusenräumen finden, an aufsteigende übersiedend heifse Quellen zu denken; sondern wir können uns deren Bildung auch aus herabfliefsenden Gewässern erklären, wenn wir nur etwas mehr Zeit zu Hülfe nehmen. Die Hoffnung können wir aber nicht unterdrücken, dafs es auf dem von den Gebr. Siemens eingeschlagenen Wege vielleicht gelingen dürfte, Feldspath und andere Silicate ebenso krystallinisch darzustellen, wie es Wöhler mit dem Apophyllit gelungen ist. Vielleicht dafs es gelingt, wenn nur die Abkühlung der über-

siedend heifsen Auflösung eines Feldspaths sehr langsam erkaltet.

Hartnäckig scheint der Feldspath auf nassem Wege zum Krystallisiren zu bringen zu sein. Wenn man eine Lösung von Kieselsäure in Aetzlauge zu einer Lösung von Thonerde in Aetzlauge setzt: so erhält man amorphe Niederschläge, die aus Kieselsäure, Thonerde und Kali bestehen. Solche Niederschläge, in der Flüssigkeit liegend, bewahre ich schon seit einem halben Jahre auf; allein es zeigt sich nichts krystallinisches. Vielleicht ist es aber gerade nöthig, die beiden Lösungen in so verdünntem Zustande anzuwenden, dafs kein Niederschlag erfolgt, und dafs die Lösung langsam im luftverdünnten Raume abgedampft wird, um die Aufnahme von Kohlensäure zu verhindern.

Kommen wir nochmals zum Drucke zurück. Folgende allgemeine Bemerkungen dürften klar machen, dafs er nur in wenigen Fällen überhaupt eine Wirksamkeit äufsern kann.

Zwischen einem festen Körper und einer Flüssigkeit findet, wenn die anhängenden Luftbläschen entwichen sind, die innigste Berührung statt. Mehr als diese innigste Berührung kann nicht erreicht werden, wenn auch mit noch so hohem Drucke die Flüssigkeit auf den festen Körper geprefst wird. Erfolgt unter diesen Umständen keine Verbindung zwischen beiden Körpern: so ist sie entweder überhaupt nicht möglich, oder wenigstens nicht auf directem Wege. Wie ist daher zu erwarten, dafs die geprefste Flüssigkeit kräftiger, als die nicht geprefste auf den festen Körper chemisch wirken sollte? — Wohl wird, wenn dieser porös ist, die geprefste Flüssigkeit leichter in die Poren dringen, und defshalb auch auf das Innere wirken; dasselbe wird aber erreicht, wenn die Luft, womit die Poren erfüllt sind, nach und nach entweicht, oder wenn sie auf künstlichem Wege durch Erhitzen oder durch Verminderung des Luftdrucks zum schnelleren Entweichen kommt.

Wie wenig der Druck selbst da vermag, wo Affinität zwischen Körpern stattfindet, zeigen die Gemenge solcher gasförmiger Stoffe, welche sich mit einander verbinden können. Wasserstoffgas verbindet sich mit Stickgas selbst nicht in einer Meerestiefe von 1620 Fufs, wo ein Druck von 50

Atmosphären herrscht, und doch geht ihre Verbindung auf indirectem Wege sehr leicht von Statten. Ebenso verhält es sich mit einem Gemenge aus Sauerstoffgas und Stickgas. Zwar verbinden sich Sauerstoffgas und Wasserstoffgas mit einander durch Druck, aber nur durch raschen Druck, der eine Temperaturerhöhung bewirkt, welche das Gasgemeng zur Entzündung bringt. Ein Gemeng beider Gase in die gröfste Meerestiefe hinabgesenkt, kommt eben so wenig zur chemischen Verbindung, als jene Gasgemenge. Wenn nun selbst elastischflüssige Körper, welche einer Zusammendrükkung durch Druck fähig sind, sich nicht mischen, wenn die kleinsten Theile eines Gasgemengs aus Sauerstoffgas und Wasserstoffgas, welche in 1620 Fufs Meerestiefe 50 Mal näher an einander rücken, als sie bei gewöhnlichem Luftdrucke neben einander gelagert sind, und die eine so grofse Verwandtschaft zu einander haben, unverbunden bleiben: so ist nicht im mindesten wahrscheinlich, dafs liquide und feste Körper, welche entweder gar nicht, oder doch nur sehr wenig zusammendrückbar sind, durch Druck zur chemischen Verbindung gebracht werden, sofern dieselbe nicht schon unter den gewöhnlichen Umständen erfolgen kann.

Die Wirkung des Druckes beschränkt sich nur auf eine Aenderung des Aggregatzustandes der Körper. Condensirbare Gase, wie z. B. Kohlensäuregas, werden durch Druck tropfbarflüssig. Gerade diese Condensation zeigt aber, dafs die chemische Affinität durch Druck nicht beeinträchtigt wird; denn das Kohlensäuregas, welches in einer geschlossenen Röhre aus kohlensaurem Ammoniak durch Schwefelsäure entwickelt wird, fährt fort, sich bis zu seinem Condensationspuncte zu entwickeln. Ungeachtet auf dieses Salz ein Druck von ungefähr 36 Atmosphären wirkt, wird dadurch seine Zersetzung doch nicht beschränkt. In diesem Falle könnte aber der Druck nur hindernd auf die Zersetzung des kohlensauren Ammoniaks wirken.

Nicht blofs in elastischflüssigen, sondern auch in feuerflüssigen Körpern bringt der Druck eine Aenderung des Aggregatzustandes hervor. Diefs zeigen meine oben (Bd. II. S. 684 u. 774) angeführten Versuche mit geschmolzenem Ba-

salt. Die langsame Abkühlung dieses durch einen Eisenumgufs geschmolzenen Basalts kann nicht die Ursache der durchaus steinigen Aggregatform desselben sein; denn der in einer Kugel von 2 Fufs Durchmesser erstarrte Basalt, welcher viel langsamer, aber unter einem, den gewöhnlichen Atmosphärendruck nur wenig übersteigenden Drucke erstarrte, enthielt eine grofse Masse glasigen Basalts, und selbst der nicht glasige Theil in dieser Kugel zeigte keineswegs die rein erdige Beschaffenheit, wie der im Eisenumgusse.

Combinirt man alle diese Erscheinungen: so kann es keinen Augenblick zweifelhaft bleiben, dafs die Wirkung des Drucks einzig und allein nur eine Aenderung der Aggregatform in gasförmigen und in geschmolzenen Körpern herbeiführen kann. Alles, was daher über chemische Wirkungen des Drucks, seien es Verbindungen oder Zersetzungen, gesagt, und zur Erklärung geologischer Erscheinungen beigebracht worden ist, gehört zu den Dichtungen.

Sind die Plutonisten nicht zufrieden mit den im chemischen Laboratorium erhaltenen Resultaten: so mögen sie sich unter den Producten der jetzt noch thätigen Vulkane nach Analogien umsehen; denn nur allein die vulkanischen Erscheinungen können ein Fundament für plutonische Hypothesen darbieten.

Der blaue Kalkstein, welcher sich unter den Auswürflingen des alten *Vesuv's* findet, enthält, nach Klaproth *), einen ansehnlichen Wassergehalt und viel weniger Kohlensäure, als der gewöhnliche kohlensaure Kalk. Rammelsberg **) berechnet aus dieser Analyse eine Zusammensetzung aus 2 At. kohlensauren Kalk und 1 At. Kalkhydrat, in die sich, nach Fuchs, gebrannter Kalk, an der Luft liegend, wirklich umwandelt.

Es ist daher zu vermuthen, dafs dieser Kalkstein durch das vulkanische Feuer seine Kohlensäure verloren, dieselbe aber theilweise und damit gleichzeitig Wasser, nachdem er ausgeworfen worden, wieder angezogen habe. Bemerkens-

*) Beiträge. Bd. V. S. 91.

**) Handwörterb. Abth. I. S. 332.

werth ist noch ein Gehalt von 0,25 Proc. Kohle, und dafs beim Erhitzen des Kalkes in einer Glasretorte etwas ammoniakalisches Wasser überdestillirte. Unmöglich kann diese Kohle und diese stickstoffhaltige Substanz ursprünglich im Kalksteine vorhanden gewesen sein; denn beide hätten beim Brennen desselben im *Vesuv* zerstört werden müssen. Sie können daher nur nach dem Auswurfe mit dem Wasser zugetreten sein. Und so zeigt sich hier, wie in so vielen Fällen, dafs ein Gestein, welches unzweifelhaft vulkanisches Feuer ausgehalten hat, später mit dem Wasser organische Substanzen aufnimmt.

Wir glauben im Vorstehenden die Hauptverhältnisse im Auftreten des körnigen Kalkes dargethan zu haben; weiteres würde nur zu Wiederholungen führen und unsere Leser überdrüssig machen. Wir haben gesehen, dafs der körnige Kalk 1) in Lagern, 2) im Nebengesteine mancher Gänge, 3) als Versteinerungsmittel und 4) als Ganggestein vorkommt. Das Vorkommen 1, 2 und 3 deutet auf Umwandlung aus sedimentären Kalksteinen auf nassem Wege, vielleicht mit Ausnahme untergeordneter Lager körnigen Kalks in krystallinischen Schiefergesteinen; denn solche Lager können sich auch aus Gewässern, welche kohlensauren Kalk als Zersetzungsproducte der Silicate dieser Schiefergesteine enthalten, gebildet haben. Der körnige Kalk als Ganggestein kann nur als eine solche unmittelbare Bildung aus kalkhaltigen Gewässern gedacht werden. In dieser Beziehung möge man uns noch einige erläuternde Bemerkungen gestatten.

Wir würden leeres Stroh dreschen, wenn wir noch Beweise für die Bildung des Kalkspaths auf nassem Wege beibringen wollten. Welcher Unterschied findet aber zwischen Kalkspath und körnigem Kalke statt? — Kein anderer, als dafs der kohlensaure Kalk in jenem vollkommen, in diesem nur unvollkommen krystallinisch ausgebildet ist. Dieser Unterschied ist gewifs auf eine materielle Verschiedenheit des Materials, woraus sich dieser oder jener kohlensaure Kalk gebildet hat, gegründet. In den bisher untersuchten reinsten und ausgezeichnetesten Kalkspathen hat man höchstens 3 Proc. fremde Beimischungen gefunden, und diese bestehen aus Magnesia, Eisen- und Manganoxydul; mithin aus Basen, wel-

che mit der Kalkerde isomorph sind. Diese Basen sind auch stets als Carbonate vorhanden, wenn nicht die des Eisen- und Manganoxyduls schon eine Zersetzung erlitten haben. Nur in einer Analyse, in der des Kalkspaths von *Andreasberg*, fand Hochstetter *) 1,85 Proc. Kieselsäure. Dagegen sind die körnigen Kalke nach den bisherigen Analysen mehr oder weniger unrein. Der vorhin genannte Marmor mit Ammoniten enthält einen mit Mangan- und Eisenoxyd gefärbten Kieselthon, wovon seine rothe Farbe herrührt, und der Marmor von *Neubeuern* läfst, nach Behandlung mit Salzsäure, 10 Proc. durchscheinender Körner von opalhaltigem Quarze zurück. Auch die Marmore von *Aussee*, *Hallstädt*, *Adnet*, vom *Kälberlstein* u. s. w. hinterlassen reichliche rothbraune thonige Rückstände **). Wie bedeutend diese Beimengungen in manchen körnigen Kalksteinen sind, zeigen die obigen Analysen Glimmer-haltiger Kalksteine. Im körnigen Kalke von *Auerbach* fand ich einen braunen quarzigen Rückstand von nur 0,66 Proc., während der dortige Kalkspath sich vollständig in Salzsäure auflöste.

Da nach Johnstone***) Alpenkalk (?) und Oolith aus *Yorkshire*, nach Auflösung in Säuren, gar keinen Rückstand, unterer Magnesia-Kalk nur 0,5, und weifse Kreide nur 1,1 Proc. liefsen: so ist zu erwarten, dafs es auch ganz oder fast reine körnige Kalksteine geben müsse, und diefs ist auch bei jenem körnigen Kalke von *Auerbach* der Fall. Oberer Magnesia-Kalk aus *Yorkshire* liefs jedoch einen Rückstand von 4,5 und ein Nummuliten-Kalk enthielt, nach Werther†), sogar 14,4 Proc. Kieselsäure, welche in ganz feinen abgerundeten, unkrystallinischen Quarzkörnern zurück blieb. Ein Nummuliten-Kalk würde durch Umwandlung einen körnigen Kalk, wie der oben genannte von *Neubeuern* geben.

Sehr zu wünschen sind vergleichende Analysen von sedimentären und körnigen Kalksteinen von Stellen, wo Ue-

---

*) Journ. f. pract. Chem. Bd. XLIII. S. 316.

**) Schafhäutl im n. Jahrb. für Min. u. s. w. 1848. S. 147.

***) Ebendas. 1845. S. 842.

†) Ebendas. 1845. S. 671.

bergänge aus jenem in diesen stattfinden. Erst dann wird der Umwandlungsprocefs ganz ins Klare kommen.

Da der körnige Kalk der Sitz einer grofsen Zahl von Mineralien (Glimmer, Hornblende, Augit, Granat, Vesuvian, Wernerit, Wollastonit, Feldspath u. s. w.) ist; so setzt deren Entstehung die Gegenwart von Silicaten im körnigen Kalke voraus. So reine Kalksteine, wie die oben angeführten aus *Yorkshire*, können keinen körnigen Kalk mit jenen Mineralien geben. Sollte man sie dennoch in einem aus so reinem Kalksteine entstandenen körnigen Kalke finden: so hätten ihre Bestandtheile nur durch Gewässer zugeführt werden können. Die Analyse des körnigen Kalks für sich kann nicht mafsgebend sein; denn ist er sehr rein und sind jene Mineralien vorhanden, so ist zu schliefsen, dafs die Reinheit die Folge ihrer Bildung sei. So mag es sich beim körnigen Kalke von *Auerbach*, der Granat, Vesuvian, Wollastonit und Epidot enthält, verhalten.

Es scheint demnach, dafs sich Kalkspath nur aus Gewässern, die, neben kohlensaurer Kalkerde, blofs geringe Mengen Magnesia-, Eisen- und Manganoxydul-Carbonat und keine Silicate enthalten, dagegen körniger Kalk aus Gewässern bildet, in denen neben Carbonaten Silicate aufgelöst sind. Es wird auf diese Weise das Vorkommen eines reinen Kalkspaths in Nestern, Drusen und Trümmern eines unreinen körnigen Kalksteins begreiflich: ein solcher Kalkspath ist der Absatz aus Gewässern, welche aus dem körnigen Kalke blofs Carbonate ohne Silicate aufgelöst haben. Es wird ferner begreiflich, wie sich aus sedimentären Kalksteinen, die Silicate enthalten, durch Umwandlung an Ort und Stelle, kein Kalkspath, sondern nur körniger Kalk bilden kann; denn die Gewässer vermögen nicht die Silicate mit Zurücklassung der Carbonate fortzuführen. Ein solcher Purificationsprocefs ist nicht möglich. Aus dem unreinsten dichten Kalksteine können aber die Gewässer, gleich wie aus körnigem Kalke, blofs Carbonate, mit Zurücklassung der Silicate, aufnehmen und dieselben in Drusen, Spalten, Adern oder auf Versteinerungen als Kalkspath absetzen, wie das Vorkommen desselben in sedimentären Kalksteinen zeigt. Da die, solche Gesteine durchdringenden Gewässer, je nach der ungleichen Reinheit der

Kalklagen, bald reine Carbonate, bald Carbonate mit Silicaten aufnehmen: so erklärt sich, wie bei Muscheln eine Schale zu Kalkspath, eine andere zu körnigem Kalke werden kann *), wie die Stalactiten und Stalagmiten in den Höhlen der Kalksteingebirge bisweilen eine sehr grobkörnig-krystallinische Zusammensetzung haben, und manchmal aus einem einzigen Kalkspathindividuum, wie die stetig hindurchsetzende Spaltbarkeit beweist, bestehen können.

Nach diesen Betrachtungen erscheint der körnige Kalk bei *Auerbach* als ein Absatz aus Gewässern, welche neben Carbonaten Silicate enthalten haben, und der darin vorkommende reine Kalkspath als ein wieder aufgelöster und abermals abgesetzter körniger Kalk, dessen Silicate nicht in Auflösung gegangen sind.

Finden wir einen Gang in einem Gesteine, welches durch seine Zersetzung kohlensauren Kalk liefert, mit körnigem Kalk oder mit Kalkspath erfüllt, wie z. B. den mächtigen Gang von kohlensaurem Kalke im Melaphyr unweit *Niederkirchen* (S. 620 und 664): so ist man wegen des Ursprungs dieses Carbonats nicht in Verlegenheit. Wenn aber das Nebengestein eines Ganges von körnigem Kalke keine Kalksilicate enthält, wie der Gneifs bei *Auerbach*: so mufs man diesen Ursprung anderswo suchen. Im herrschaftlichen Steinbruche ist der körnige Kalk in Berührung mit einem Thon (Löfs?), der stark mit Säuren braust. Auf dem Rücken zwischen dem *Schönberger* und *Fürstenlager Thale* findet sich stark mit Säuren brausender Löfs auf den höchsten Puncten, und in einem viel höheren Niveau, als der körnige Kalk. Am rechten Gehänge des *Hochstädter Thals*, in nicht grofser Entfernung von den Kalkbrüchen, trifft man einen Basaltbruch in regelmäfsigen, fast wagerecht liegenden Säulen abgesondert an. Alle Absonderungsklüfte sind mit kohlensaurem Kalke erfüllt,

---

*) Welchen Einflufs die, die Versteinerungen umschliefsende Gebirgsart haben mufs, zeigen die Belemniten. Der fasrige Kalk in den Belemniten aus weifser Kreide ist durchscheinend und honigsteinartig gefärbt, während er in denen aus den Liasschiefern undurchsichtig und schwärzlich oder schwärzlichgrau ist. Blum a. a. O. S. 164.

welcher in den entblöfsten Säulenköpfen ein Adernetz nach allen Richtungen bildet, und sich sowohl in Sprünge derselben hineinzieht, als auch die Oberfläche mit einem dünnen Ueberzuge bekleidet. Selten finden sich unverwitterte Basalte, welche auf den frischen Bruchflächen mit Säuren gar nicht brausen; meist brausen sie sehr stark. An manchen Stellen neigt sich der kohlensaure Kalk sehr dem körnigen, und Drusen von einigen Linien Weite sind mit kleinen Kalkspathkrystallen erfüllt. An Material für die Bildung des körnigen Kalks in der nächsten Umgebung fehlte es daher nicht. Nicht unwichtig ist auch, dafs die *Auerbacher* Mineralquelle reich an kohlensaurem Kalke ist, und dafs die *Hochstädter*, nicht weit vom Stollenmundloch des oben (S. 1018) erwähnten Kalkbruchs, sehr viel Eisenocher absetzt. Also derselbe Absatz, den wir in den Drusen und im körnigen Kalke finden.

Mag mancher Plutonist auch laut aufschreien bei unserer Hindeutung auf den Kalkgehalt im Löfs. Gewifs ist die Bildungsart des dortigen körnigen Kalks aus solchem Material ungleich wahrscheinlicher, als aus einem, im feuerflüssigen Zustande aus Erdtiefen emporgedrungenen kohlensauren Kalk *). Das Altersverhältnifs ist kein Hindernifs; denn die Entstehung einer Spalte im Gneifse kann ein sehr neues, lange nach der Ablagerung des Löfs entstandenes Ereignifs sein. Dafs nur von oben herabgeflossene Gewässer den Absatz bewirkt haben können, ist von selbst klar.

Wenn die Erforschung der Ursache jeder noch so geringfügigen geologischen Erscheinung schon an sich von Bedeutung ist: so wächst diese Bedeutung noch, wenn damit zugleich die Erklärung einer ganzen Reihe von Erscheinungen gegeben ist. Wir sagten früher (Bd. I. S. 783): betrachtet man körnigen Kalk als einen durch vulkanisches Feuer umgewandelten sedimentären Kalkstein: so wird man auch dem Wollastonit (und der ganzen Sippschaft von Mineralien, welche darin gefunden werden) eine Bildung auf feuerflüssigem Wege zuschreiben. Die Bildung des Wollastonit könnte indefs, fügten wir hinzu (S. 784), nirgends leichter auf nas-

---

*) v. Leonhard's Lehrb. der Geognos. u. Geol. Zweite Aufl. 1847. S. 639.

sem Wege zu erklären sein, als im körnigen Kalke; denn Gewässer, welche durch kohlensauren Kalk dringen, verlieren so ganz ihre freie Kohlensäure, dafs sie kieselsaure Kalkerde ohne alle Zersetzung aufzunehmen, fortzuführen und irgendwo wieder abzusetzen vermögen. Ohne zu Erröthen räumen wir Cotta *) ein, „dafs unsere Ansichten nicht blofs in einer beständigen Metamorphose begriffen zu sein scheinen," sondern dafs sie es wirklich sind. Wenn durch fortgesetztes Studium und durch, nach verschiedenen Seiten hin wiederholte, sorgfältige Untersuchungen die Ansichten immer mehr geläutert werden, warum sollte man diefs nicht eingestehen? — Später, bei Betrachtung des Vorkommens des Wernerit (Bd. II. S. 404.), bemerkten wir, dafs der körnige Kalk schwerlich ein durch vulkanisches Feuer veränderter sedimentärer Kalkstein ist, und jetzt nehmen wir gar keinen Anstand mehr, unsere volle Ueberzeugung dahin auszusprechen, dafs die im körnigen Kalke vorkommenden vielen Mineralien weder plutonische noch plutonisch-metamorphische Bildungen sind, weil der körnige Kalk selbst auf solche Weise nicht gebildet worden ist. Mit dieser uns nicht mehr zweifelhaften Gewifsheit erreichen wir also dieselbe Gewifsheit für die zahlreichen Begleiter des körnigen Kalks, und die Bestätigung der auf anderen Wegen bereits ermittelten Entstehungsart derselben auf nassem Wege.

Was uns früher (Bd. I. S. 785) auffallend erschien, dafs der Wollastonit (und die übrigen Begleiter des körnigen Kalks) blofs im körnigen Kalke vorkommen, und nicht im sedimentären Kalksteine, erscheint jetzt als Nothwendigkeit. So lange als der dichte Kalk noch nicht körnig geworden, ist noch nicht die weniger schwierige Metamorphose, die blofse Aenderung der Aggregatform eingetreten; unmöglich kann daher vor dieser die viel schwierigere Metamorphose, die Vereinigung der in geringen Mengen durch die ganze Masse des körnigen Kalksteins verbreiteten Silicate zu gröfseren Mineralindividuen, Platz gegriffen haben. Nichts steht aber der Ansicht entgegen, dafs das Körnigwerden des dichten Kalks und die Ausscheidung der Silicate jener Mineralien

*) A. a. O. S. 310.

ein und und derselbe Act, hervorgebracht durch dieselben Gewässer sei.

Wohl haben die Plutonisten Recht, wenn sie die sedimentären Kalksteine nicht blofs braten, sondern völlig schmelzen und lange im Flusse lassen; denn sonst würde es ihnen schwer werden, die wenigen Procente Silicate in manchen derselben zu solchen gröfseren Mineralindividuen zu vereinigen. Nach Hall's Versuchen *) war auch eine wirkliche Schmelzung erforderlich, um den kohlensauren Kalk als eine, im Aeufsern und auf dem Bruche sehr glänzende Masse zu erhalten. In einigen Fällen wurde dieser Glanz durch sehr viele krystallinische Facetten bewirkt, in andern ist er aber milde und stetig wie beim Glase. In einigen Stücken bemerkte man deutlich die Krystallisation des Kalkspaths. Diefs ist auch, so viel uns bekannt, das ganze etwas dürftige Fundament, worauf die plutonistischen Ansichten von der Entstehung des körnigen Kalks und des Kalkspaths gegründet sind **).

---

*) Gehlen's n. Journ. d. Chem. Bd. V. S. 291.

**) Von einer wirklichen Umwandlung des dichten Kalksteins in körnigen Kalk, als jener vor dem Knallgasgebläse erhitzt wurde, spricht Cassola (n. Jahrb. f. Min. etc. 1838 S. 411). Es wäre wohl zu erwarten gewesen, dafs man die unvollkommnen Versuche Hall's, ehe darauf ein ganz neues geologisches Lehrgebäude gegründet wurde, mit den jetzt zu Gebote stehenden vollkommneren Hülfsmitteln wiederholt hätte. Vor Allem hätte man sich doch durch eine genaue Analyse überzeugen sollen, ob die unter Druck erhitzte kohlensaure Kalkerde gar keine Kohlensäure verloren hatte. Hall spricht von einem Verluste von noch nicht 0,01. Selbst Petzholdt, der verschiedene Versuche anstellte (Geologie S. 260 ff.), um den Beweis zu führen, dafs die Kieselsäure in der Hitze und unter Druck nicht die Kohlensäure aus dem kohlensauren Kalke auszutreiben vermag, versäumte die Wiederholung von Hall's Fundamentalversuch. Kürzlich fanden Erdmann und Marchand, dafs der Kalkspath schon bei 200° etwas Kohlensäure verliert, und anderer Seits selbst in der Weifsglühehitze noch etwas zurückhält. Journ. f. pr. Chem. Bd. L. S. 237.

Man sieht, wie leicht man's in der Geologie nimmt, wenn es gilt, mit Hülfe des Experiments Theorien aufzustellen. Wie viele tausende Ries Papier sind mit den aus diesen unvollständigen Versuchen gezogenen Schlüssen bedruckt worden?

Unzweifelhaft erscheint es, dafs der kohlensaure Kalk zu denjenigen Mineralien gehört, welche sich sowohl auf nassem, wie auf feuerflüssigem Wege krystallinisch ausbilden können. Diefs zu wissen, ist wichtig, weil wir in Beziehung auf solche Mineralien, die, wie der Augit, in Lava und in Drusenräumen oder in Gesellschaft solcher Mineralien vorkommen, welche ohne allen Zweifel auf nassem Wege entstanden sind, nicht in Verlegenheit kommen, ihnen eine Bildung auf diesem und auf plutonischem Wege zuzuschreiben. Was aber den körnigen Kalk und Kalkspath betrifft: so bleiben wir, wenn wir nachstehende sehr seltene, und nur bei wirklichen Vulkanen vorkommende Fälle ausnehmen, bei unserm Glaubensbekenntnifs.

Mitscherlich*) fand nämlich Kalkspath in Stücken Kalkstein, welche in die Lava des *Vesuv's* gefallen und darin geschmolzen waren, und unter den Auswürflingen dieses Vulkans einen Arragonitkrystall, der von den Wänden des Kraters in die flüssige Lava gefallen war, in Kalkspath umgeändert. Das Gestein, worin er sitzt, ist, nach ihm, nicht bis zum Schmelzen, der Arragonit aber so stark erhitzt worden, dafs die äufsere Schicht desselben in Kalkspath umgewandelt wurde, während die innere Masse noch Arragonit blieb, wobei aber der ganze Krystall seine Form behielt. Die Hitze wirkte nämlich so langsam auf ihn ein, dafs das, was sich in Kalkspath umänderte, die Form desselben annehmen konnte, so dafs die Kruste des Arragonitkrystalls aus einer grofsen Anzahl von Kalkspathkrystallen besteht.

G. Rose**) zeigte, dafs sich Arragonit auch auf nassem Wege sehr leicht in Kalkspath umändert, wenn man den durch Fällung dargestellten Arragonit unter Wasser oder in einer Auflösung von kohlensaurem Ammoniak stehen läfst. Durch Anwendung schwacher Glühehitze zerfallen die grossen Krystalle zu einem gröblichen Pulver, die kleinen behalten aber ihre Form, und bilden Afterkrystalle. Seine Versuche weisen nach, dafs sich Kalkspath wie Arragonit auf nassem Wege bilden: ersterer bei geringerer, letzterer bei höherer Tem-

*) Poggend. Ann. Bd. XXI. S. 157.
**) Ebend. XLII. 364.

peratur, dafs sich aber auf trocknem Wege nur Kalkspath bildet.

Beweise für die Bildung des Arragonit aus heifsen Quellen liefern die Absätze derselben, welche alle aus faserigem Arragonit bestehen: z. B. die 44°,5 R. heifsen Quellen auf der Insel *Thermia*, der 59° heifse Sprudel von *Carlsbad*, die 60°,5 heifse, grofse Quelle auf *Euboea* zu *Aedepsos* in den Bädern des *Herakles*, der dortige 67° heifse Sprudel, welcher schönere Sprudelsteine als *Carlsbad* liefert u. a. m. Dagegen bilden sich in dem nur 12° warmen Tropfwasser in den entferntesten Theilen der *Adelsberger* Grotte schöne, vollkommen ausgebildete Kalkspathrhomboëder, 2—4 Millimeter grofs, in gröfseren und kleineren Gruppen noch fortwährend *).

Haidinger **) fand beim Ausgraben eines Wassergrabens bei *Schlackenwerth* zwischen Schichten von mehr oder weniger festem Basalttuff ursprüngliche Baumstämme von 1 bis 8 Zoll Dicke, welche von O. nach W. lagen. Der Raum, den das Holz erfüllt hatte, zeigte sich durch strahlige Gruppen von Krystallen ersetzt, welche von Mittelpuncten, meist von der oberen Seite ausgehend, sich an die gegenüberstehenden Wände erstreckten. Der kleine Ueberrest von organischer Materie war in den untern Theilen in parallelen Formen abgesetzt. Die Krystalle und strahligen Individuen waren der Gestalt nach ursprünglich Arragonit; allein beim Durchbrechen war nichts vom krystallinischen Gefüge und vom muschlichen Querbruche dieser Species, sondern eine Zusammensetzung aus Kalkspathindividuen zu sehen. Die schon gebildeten Arragonitkrystalle sind also später in Kalkspath umgewandelt worden. Uebereinstimmend mit G. Rose's Versuchen nimmt Haidinger an, dafs die Pseudomorphose des Arragonit im Holz bei einer erhöhten Temperatur vor sich gegangen sei. Die Ablagerung des Basalttuffs an der östlichen Seite der basaltischen Ausbrüche, die Anschwemmung des ausgekochten Holzes zwischen den Schichten desselben geschah also heifs beim Abzuge der Gewässer nach Osten zu u. s. w. Die Bildung der Arragonitkrystalle trat während der

*) Fiedler in Poggend. Ann. Bd. LXVIII. S. 569.
**) Ebend. XLV. 179.

ersten Periode der Abkühlung ein, die Verwandlung des Arragonit in Kalkspath in der zweiten, die sich mehr dem gegenwärtigen Zustande nähert u. s. w.

Bei *Herrengrund* in *Ungarn* in einer 3½ Klafter langen Druse eines Ganges fand man, nach Haidinger*), gleichfalls Pseudomorphosen von Kalkspath nach Arragonit. Sie kommen stets in den oberen Theilen der Druse vor, während die unteren Arragonit enthalten, dessen Krystalle jedoch zum Theil von einer Seite zerfressen, und auf der andern mit mikroskopischen Kalkspathkrystallen besetzt sind, so dafs sich alle Mittelglieder zwischen Arragonit und Kalkspath zeigen. Die Austheilung dieser verschiedenen Varietäten in der Druse soll unbezweifelt für einen Beweis der Abkühlung von oben, wenn ja einer nothwendig wäre, angesehen werden. Jedoch sitzen die Arragonite auf körnigem Kalksteine; dieser mufs daher bei noch höherer Temperatur, als sie selbst, gebildet worden sein, da man doch mit grofser Wahrscheinlichkeit stetig gleichartige Veränderungen annehmen kann.

Haidinger sucht die Erklärung der beiden Erscheinungen, so weit sie uns klar geworden, in grofser Ferne. Wäre es entschieden, dafs sich Arragonit nur aus einer heifsen wässerigen Auflösung bildete: so könnte man allenfalls annehmen: der Basalttuff sei bei seiner Ablagerung noch so heifs gewesen, dafs er die mit ihm in Berührung gekommenen Gewässer, etwa bis zur Temperatur der heifsen Quellen *Carlsbad's*, erhitzt hätte.

Nach Graf K. Sternberg**) hatte an jener Stelle unverkennbar ein Wald gestanden, welcher in den breiartigen Basalttuff eingehüllt worden sein soll. Es möchte fast scheinen, dafs der gröfste Theil der Pflanzen nach und nach ausgefault sei, und die Flüssigkeit, aus welcher sich Kalkspath und Arragonit niedergeschlagen haben, die durch Ausfaulen entstandenen Höhlungen ausgefüllt habe; denn die strahlenförmig aus einander laufenden Stengel des Kalkspaths, welche auf einem Querbruche mehr als von einem Punkte auslaufen,

---

*) Ebend. Bd. LIII. S. 139.

**) Ebend. XLV. 182.

kreuzen sich nirgends und schliefsen in der runden Form des Baumes ab.

Hiernach ist es sehr wenig wahrscheinlich, dafs der Basalttuff die Gewässer erhitzt habe; denn die Baumstämme hätten erst ausfaulen müssen, ehe sich aus den heifsen Gewässern Arragonit in den leeren Räumen hätte absetzen können. Zu diesen beiden Processen würde aber wohl ein viel längerer Zeitraum erforderlich gewesen sein, als zur Abkühlung des Basalttuffs. Ueberdiefs hätte die ursprüngliche Temperatur desselben nicht einmal sehr hoch sein können, weil sonst die Baumstämme verkohlt, und in ihnen keine Ueberreste von organischer Materie gefunden worden wären. Was sich Haidinger unter dem Abzuge der Gewässer nach Osten zu denkt, und wie diese Erscheinung mit der Erhebung des Landes in Verbindung gestanden habe, ist schwierig einzusehen.

Was die Bildung der Arragonite von *Herrengrund* betrifft: so wollen wir für einen Augenblick annehmen: das Gestein, worin jene Drusen vorkommen, sei durch irgend eine Ursache erhitzt worden, als die eingedrungenen Gewässer die Arragonite abgesetzt hatten. Dann wäre aber nicht zu begreifen, wie sich in Folge der Abkühlung nur oben, aber nicht unten in der Druse Pseudomorphosen hätten bilden können. Hat sich denn nicht auch der untere Theil der Druse abgekühlt? — Abkühlungs-Verhältnisse können daher diese Umwandlung des Arragonit in Kalkspath durchaus nicht erklären; vielmehr müssen wir annehmen, dafs auf anderen Wegen die Umwandlungen erfolgt waren. Dafs die Arragonite auf körnigem Kalkstein sitzen, der bei noch höherer Temperatur gebildet worden sein soll, thut nichts zur Sache; denn man würde daraus nur eine Hypothese durch eine andere erklären.

Mehrere Thatsachen sprechen dafür, dafs keineswegs ein Absatz aus heifsen Gewässern eine nothwendige Bedingung für die Bildung des Arragonit ist. So fand v. Kobell*), dafs die Stalactiten der Höhlen von *Antiparos* aus Arragonit bestehen. Fiedler**), der diefs bestätigte, fügte

*) n. Jahrb. f. Min. etc. 1835. S. 256.

**) Ebend. 1848. S. 422 und Poggend. Ann. Bd. LXVIII. S. 567.

hinzu, dafs die Kerne vieler Stalactiten dieser Grotte aus Kalkspath bestehen, der mit stärkeren Arragonitlagen umgeben ist. Auch einige Grotten in *Nordamerica* enthalten Stalactiten aus strahligem Arragonit, welche denen von *Antiparos* ganz ähnlich sind, während die aller übrigen bis jetzt bekannten Grotten aus Kalksinter bestehen. Fiedler meint zwar (wahrscheinlich um die Bildung des Arragonit in Höhlen mit der Ansicht, dafs sie aus heifsen Gewässern erfolge, in Einklang zu bringen), dafs sich mefsbare, lange Krystalle nicht durch Tropfen, Herabfliefsen, Verdampfen sintrischen Wassers im freien, nur mit Luft erfüllten Raume bilden können, sondern dafs dieser mit Flüssigkeit erfüllt gewesen sein mufste, aus welcher sich an der Decke der Grotte, wie in einem Krystallisationsgefäfse, jene langen Krystalle, um diese der fasrige Arragonit und bei einigen zuletzt die auf der Aufsenfläche fast frei aufsitzenden Rhomboëder ansetzten. Allein diese Ansicht ist gewifs nicht die richtige; denn das im Wasser gelöste Kalkbicarbonat kann sich nur als Carbonat abscheiden, wenn ein Theil der Kohlensäure zu entweichen Gelegenheit hat, was in einem mit Wasser erfüllten Raume nicht möglich ist. Ueberdiefs würden bei solcher Bildung nur sehr wenige Stalactiten in solchen Höhlen gefunden werden, wie man aus einer einfachen Rechnung ersehen kann. Wenn nämlich ein Wasser selbst eine so ungewöhnlich grofse Menge kohlensauren Kalk enthält, wie die nachbenannte Soole zu *Nauheim:* so würden, wenn auch die ganze Menge dieses Carbonats zum Absatze käme, doch nur 0,15 vom Gewichte des Wassers sich absetzen. Eine Grotte, gleich einem Würfel von 10 F. Seite, würde dann nur 5,6 Kubikfufs Stalactiten enthalten können, und diese Zahl würde sich noch sehr bedeutend vermindern, wenn das Wasser in der Grotte ein gewöhnliches süfses Wasser wäre. Ganz unzweifelhaft sind alle Tropfsteine das, was ihr Name sagt.

Breithaupt*) fand in einem Stollen bei *Zwickau*, der 43 Jahre lang aufser Betrieb gelegen war, dicke Massen von Kalksinter, der zugleich aus Kalkspath und Arragonit bestand. Diese beiden dimorphen Mineralien mufsten sich ab-

*) Poggend. Ann. Bd. LIV. S, 156.

wechselnd gebildet haben; es konnte nicht der eine aus der Zerstörung des andern hervorgegangen sein. In einem Stück Kalksinter wechselten Kalkspath und Arragonit lagenweise dreizehn Mal mit einander ab. Breithaupt meint, dafs vielleicht die Temperatur-Verschiedenheit zwischen den Gewässern im Sommer und Winter die Ursache sei, dafs sich bald Arragonit, bald Kalkspath abgesetzt habe. Diefs ist aber nicht wahrscheinlich, da Gewässer, welche durch ein Gebirge von etwa nur 30 Fufs Mächtigkeit dringen, entweder gar keine, oder doch nur sehr geringe, jährliche Temperatur-Veränderungen zeigen.

Es ist wohl nicht zweifelhaft, dafs das von Breithaupt und von Fiedler beobachtete Vorkommen des Arragonit in Begleitung von Kalkspath nicht zu den Pseudomorphosen des letzteren nach ersterem gezählt werden kann.

Haidinger führt endlich an, dafs die schönen Varietäten der sogenannten Eisenblüthe in den Eisensteinlagerstätten in *Steyermark* und *Hüttenberg* in *Kärnthen* meist aus erkennbaren, wenn auch oft sehr kleinen Arragonitkrystallen bestehen, während andere aus faserigem Kalke und auf der Oberfläche mit Kalkspathindividuen zusammengesetzt sind.

Aus allem diesem geht hervor, dafs sowohl Bildungen des Arragonit, als Umwandlungen desselben in Kalkspath unabhängig von der Temperatur erfolgen können, und dafs sich wohl der meiste Arragonit aus kalten Gewässern abgesetzt hat. Unter welchen Bedingungen sich aus solchen Gewässern der kohlensaure Kalk theils als Kalkspath, theils als Arragonit abscheidet, ist jedoch bis jetzt noch unbekannt.

So haben wir denn gesehen, dafs sich aus Gewässern dichter wie körniger Kalk, Kalkspath wie Arragonit absetzen.

---

Während des Drucks dieses Kapitels hatte ich Veranlassung, *Nauheim* zu besuchen, dessen prachtvoller Soolsprudel einen Besuch werth ist *). Da nach der Analyse von

*) Dieser Sprudel erhebt sich 18 Fufs über das Niveau eines Bohrloches von 4 Zoll Durchmesser, in Form einer dampfenden und schäumenden Pyramide. Der gröfste Theil dieser freien Sprung-

Bromeis und Bunsen*) die dasigen Soolquellen in 10000 Th. nur 0,36 bis 0,70 Th. schwefelsauren Kalk, dagegen 15,97 bis 22,13 Th. zweifach kohlensauren Kalk enthalten **): so bot sich die seltene Gelegenheit zur Untersuchung eines vorzugsweise aus kohlensaurem Kalk bestehenden Absatzes auf den Dornreisern der Gradirwände dar. Das Gradiren mit denselben Dornreisern wird so lange fortgesetzt, als dieselben nur noch das Durchtröpfeln der Soole gestatten. Daher bilden sich mehrere Fufs grofse Blöcke von Dornstein.

Der die Dornen umgebende Absatz bildet, wie gewöhnlich, concentrische Ringe, welche durch Eisenoxydhydrat meist ochergelb gefärbt sind. Zwischen denselben finden sich aber

---

kraft und somit des ganzen majestätischen Schauspiels geht jedoch für das Auge verloren, indem man auf die frühere Mündung eine 12 Fufs hohe Steigröhre setzte, um die Soole ohne Anwendung eines Pumpwerks bis zu den Gradirwerken der Saline leiten zu können. Bromeis der grofse Soolsprudel zu *Nauheim* im Jahresbericht der Wetterauischen Gesellschaft für die ges. Naturk. 1848. S. 47 ff. Von den früheren dort erbohrten Soolquellen war schon Bd. I. S. 250 und 282 die Rede.

*) a. a. O. S. 59 uud 60.

**) Bemerkenswerth ist, dafs diese Soole eine gröfsere Menge kohlensauren Kalk enthält, als irgend ein bis jetzt untersuchter Kohlensäuerling. Reducirt man die obigen Quantitäten auf neutralen kohlensauren Kalk: so findet sich für den 25°,8 R. warmen grofsen Sprudel 14,82 und für den 26°,4 warmen kleinen Sprudel 15,38 Th. in 10000 Th. Wasser; mithin $1\frac{1}{2}$ Mal so viel, als sich als Mittel aus unseren Versuchen ergeben hat (Bd. I. S. 379). Diese Menge kohlensaurer Kalk ist $\frac{1}{21}$—$\frac{1}{19}$ der fixen Bestandtheile der Soole. Die innige Mengung der Kohlensäure-Bläschen mit den Wassertröpfchen im Sprudel scheint die Ursache dieser grofsen Menge aufgelösten kohlensauren Kalks zu sein. Diese innige Mengung bewirkt auch, dafs der Sprudel ganz undurchsichtig, wie Milch, erscheint. Wenn nämlich ein so inniges Gemeng aus kohlensaurem Wasser und Kohlensäure im Kalksteinlager, aus welchem die *Nauheimer* Soolen kommen, aufsteigt: so sind die Bedingungen zur Lösung des kohlensauren Kalks viel günstiger, als wenn die Kohlensäure in grofsen Blasen sich entwickelt. Dafs die Menge des kohlensauren Kalks in einem Wasser für sich allein einen Einflufs auf den Aggregatzustand desselben nach seinem Absatze haben werde, ist nicht wahrscheinlich.

einzelne bis 1 Linie dicke, fast ganz weiſse Ringe, welche besonders nach auſsen hin hervortreten. Hier und da bemerkt man unter der Lupe kleine drusenartige Stellen in den weiſsen Ringen. Diese Absätze bestehen aus vollkommen körnigem Kalke, der besonders deutlich in den weiſsen Ringen wahrzunehmen ist. Im reflectirten Sonnenlichte spiegeln eben so, wie beim körnigen Kalke, unzählige Flächen. Zwischen ihm und dem körnigen Kalke von *Auerbach,* besonders dem gleichfalls durch Eisenoxydhydrat gefärbten, zeigt sich eine groſse Aehnlichkeit, nur daſs dieser etwas grobkörniger ist.

Entschiedener kann sich nirgends die Bildung körnigen Kalks durch Absatz aus einer wässrigen Lösung zeigen, als in diesen Dornsteinen. Soll die Mischung der dortigen Soole einer solchen Bildung besonders günstig sein, oder hat man bis jetzt nur versäumt, die Dornsteine anderer Salinen einer genaueren Untersuchung zu unterwerfen? — Der Umstand. daſs bei weitem die meisten Soolen sehr reich an schwefelsaurem Kalke sind, und daſs daher die Dornsteine gewöhnlich aus diesem Salze, mit nur wenig beigemengtem kohlensauren Kalke, bestehen, verhindert die Bildung eines reinen kohlensauren Kalks in den Dornsteinen, weſshalb solche aus körnigem Kalke bestehende allerdings zu den Seltenheiten gehören mögen.

Dornsteine von der Saline *Neusalzwerk*, nicht durch Gradiren der 26°,2 warmen Soole (Bd. I S. 277), sondern der schon längst zur Salzsiederei angewandten Soolen erhalten, zeigen nichts vom körnigen Kalke. Die Dornsteine von den ersten Fällen bestehen aus kohlensaurem Kalke mit so viel Eisenoxydhydrat, daſs sie wie Eisenocher-Absätze aussehen. Sie zerbröckeln meist unter den Fingern und haben ein erdiges Ansehen. Hier und da zeigen sich ganz schmale concentrische Ringe von dichtem Brauneisenstein. Dieser bedeutende Eisengehalt hat ohne Zweifel die Bildung nicht nur eines krystallinisch körnigen, sondern sogar nur eines dichten Zustandes verhindert. Die Dornsteine von den letzten Fällen bestehen aus Strahlgyps, dessen glänzende Strahlen stets von den Dornen wie Radien aus einander laufen, und die sogenannten Gypsrosen bilden. Dieser Gyps braust etwas mit Säuren und enthält daher kohlensauren Kalk.

Ein Dornstein von der Saline *Höppe* bei *Werl*, dessen ochergelbe Farbe schon einen bedeutenden Eisengehalt zeigt, erscheint ganz dicht. Beim Abschlagen des, die Dornen umgebenden Absatzes lösen sich Bruchstücke concentrischer Ringe ab, welche vollkommen dichte und glatte Flächen haben. Nur an einigen Stellen erblickt man unter der Lupe papierdicke, graue Ringe, welche mit den ochergelben wechseln und eine Hinneigung zum körnigen Gefüge zeigen.

Dafs der Kalksinter in den Stalactiten und Stalagmiten bisweilen sehr grobkörnig krystallinisch ist, und manchmal Arragonit enthält, wurde schon oben (S. 1035 und 1042) bemerkt. Eine grofse Aehnlicheit mit den Dornsteinen zeigt der schalige Travertin von *Tivoli* (Bd. I S. 896). Er besteht aus concentrisch schaligen, dünnen Lagen von zartfaseriger Structur, welche einige Linien stark sind, und, wie die Dornsteine, mit ähnlichen Lagen von mehr erdiger Zusammensetzung wechseln. Diese Lagen haben sich entweder rund um Pflanzenstengel, oder um andere Gegenstände in vielfacher Wiederholung abgesetzt. Auch der Kalktuff ist manchmal höchst feinkörnig *).

Vergebens suchte ich nach einer körnigen Structur in den Absätzen der Bohrlochsoole zu *Neusalzwerk* (Bd. I S. 882 ff.), welche eine so grofse Aehnlichkeit mit dem Wasser des grofsen Soolsprudels hat. Selbst die letzten, nur noch 3,16 Proc. Eisenoxydhydrat haltenden Absätze bilden ganz dichte Kalksteine. Höchst wahrscheinlich würden sich aber körnig krystallinische Absätze bilden, wenn jene Soole einen noch längeren Lauf hätte, weil dann nur noch Spuren von Eisenoxydhydrat abgesetzt würden. Der noch 25°,6 R. warme Soolsprudel zu *Nauheim* setzt in einem, dem Fassungsbassin der Quelle zunächst gelegenen Kanal eine schlammige Masse ab, die nach dem Trocknen ein lockeres zimmtfarbenes Pulver darstellt **), und deren Zusammenhang schon oben (S. 815) angegeben worden. Durch Vergleichung dieser Zusammensetzung mit der der Soole zieht Bromeis den Schlufs, dafs das Eisenoxyd der Quantität nach zuerst ausgeschieden

*) Naumann's Geognosie Bd. I. S. 669 ff.

**) Bromeis a. a. O. S. 78.

wird, dann die Kieselsäure, hierauf das Mangan und zuletzt der kohlensaure Kalk. In grösserer Entfernung von der Quelle wird daher der Absatz immer heller, fester und dichter werden. Dafs er dann eine krystallinisch körnige Structur annimmt, haben wir aus der Beschaffenheit der dortigen Dornsteine ersehen. Die zum Gradiren kommende Soole setzt also vorher die gröfste Menge des Eisens ab, wenn nicht die untersuchten Dornsteine von Gradirwänden herrühren, durch welche die Soole ihren ersten Fall macht.

Obgleich schon aus dem Vorstehenden hervorzugehen scheint, dafs sich der kohlensaure Kalk aus Gewässern um so mehr krystallinisch körnig absetzt, je weniger sich gleichzeitig andere Bestandtheile, namentlich Eisenoxydhydrat, mit absetzen: so schien es doch von besonderem Interesse, diefs durch nachstehende Analysen noch mehr zu constatiren.

| | I. | II. |
|---|---|---|
| Kohlensaurer Kalk . . . | 98,82 | 94,31 |
| Kohlensaure Magnesia . . | 0,12 | 1,35 |
| Eisenoxyd . . . . . . . | 0,92 | 2,43 |
| Kieselsäure, eisenhaltig . . | 0,14 | 1,91 |
| | 100,00 | 100,00 |

I. Dornstein von *Nauheim*. Lösliche Salze enthielt derselbe so wenig, dafs beim Auskochen von 100 Gr. mit Wasser und nach dem Abdampfen nur eine unwägbare Menge zurückblieb. Reagentien zeigten nur eine Spur von Gyps und kaum etwas mehr Kochsalz.

II. Dornstein von *Höppe* bei *Werl*. Die Menge der löslichen Salze war gleichfalls nicht zu bestimmen. Die Reaction auf Gyps und Kochsalz war etwas stärker, als beim vorigen Dornsteine. Beide Dornsteine enthielten auch nicht eine Spur Eisenoxydul. Es ist auch nicht zu erwarten, dafs beim Gradiren einer Soole die geringste Menge Eisenoxydul der oxydirenden Wirkung der Luft widerstehen sollte.

Der Dornstein I erscheint als ein ziemlich reiner, der Dornstein II dagegen als ein sehr unreiner kohlensaurer Kalk. Es ist daher nicht zweifelhaft, dafs der viel gröfsere Gehalt an Eisenoxyd und Kieselsäure im letzteren dessen krystallinisch körnige Ausbildung verhindert hat. Was aber (S. 999) über

Beförderung oder Beschränkung der Krystallisation gesagt wurde, dürfte im Vorstehenden einen neuen Beleg gefunden haben. Es ist zu wünschen, dafs sich die Aufmerksamkeit der Chemiker und Mineralogen auf diesen Gegenstand richten möge, und dafs jede Gelegenheit zur mineralogischen und chemischen Untersuchung der Dornsteine, und zur Vergleichung derselben mit den Bestandtheilen der Soole benutzt werde; denn es giebt gewifs keinen künstlichen Procefs, der, schon durch seine lange Zeitdauer, den Processen im Mineralreiche, namentlich in Spalten und Drusenräumen, ähnlicher wäre, als das Tröpfeln einer Soole durch Gradirwände.

Auffallend ist die so sehr geringe Menge Magnesia, namentlich im Dornstein I. Die Analyse der *Nauheimer* Soole hat auch gar keine kohlensaure Magnesia, sondern nur Chlormagnesium und Brommagnesium ergeben. Dafs weder Gegenwart noch Abwesenheit der Magnesia einen Einflufs auf die krystallinisch körnige Bildung hat, haben wir schon oben (S. 1015) gesehen. Nach Damour, der den Predazzit (S. 1014) für einen weifsen körnigen Kalkstein erkannt hat, soll der bedeutende Magnesiagehalt darin als Magnesiahydrat enthalten sein, welches, nach Fournet, auch auf den Klüften des Gesteins in weifsen, dichten, fein nierenförmigen Ueberzügen vorkommt. Dem gemäfs scheint sogar der dichte Kalkstein bei *Predazzo* durch hinzugekommenes Magnesiahydrat in körnigen Kalkstein umgewandelt worden zu sein; denn das Magnesiahydrat auf den Klüften des Gesteins würde der Ueberschufs des durch Gewässer eingeführten Hydrats sein. Dieses eigenthümliche Verhältnifs verdient übrigens eine weitere sorgfältige Untersuchung.

Merkwürdig und, in Beziehung auf unsere obigen Betrachtungen (S. 988), wichtig und sie bestätigend ist der überaus geringe Gehalt an löslichen Salzen in den beiden Dornsteinen. Wenn auch das Regenwasser die Dornen in den meist unbedeckten Gradirwänden etwas auswäscht: so kann diefs doch nicht die einzige Ursache sein. Vielmehr liegt es wohl in dem dichten Gefüge des kohlensauren Kalks, welches beim Absatze der Molecüle ein Einschliefsen von Flüssigkeit nicht zuläfst.

Berücksichtigen wir, dafs die Bildung des Kalkspaths und

anderer dichter Mineralien in Spalten und Drusenräumen gewifs höchst selten aus so salzreichen Gewässern, wie Salzsoolen, erfolgt, sondern meist aus gewöhnlichen salzarmen Quellen: so ist um so weniger zu verwundern, wenn solche Mineralien ganz frei von löslichen Salzen sind, oder doch nur äufserst geringe Spuren davon enthalten. Dafs diese Salze überhaupt kein Hindernifs für Mineralbildungen sind, zeigen gerade die Dornsteine. Vielleicht dafs geübte mineralogische Augen in ihnen, wenn man sie einer genauen Untersuchung werth erachten sollte, auch andere Mineralien, zusammengesetzte Silicate, nachweisen; denn das Material dazu ist in Salzsoolen enthalten.

Die Kieselsäure in den beiden obigen Dornsteinen ist ohne Zweifel theils an Eisenoxyd, theils an Magnesia gebunden; denn bei der Analyse schied sie sich mit diesen Basen verbunden ab. Diesen Umstand können wir nicht genug der Berücksichtigung der Chemiker bei solchen Analysen empfehlen; denn er hat eine grofse geologische Bedeutung. Wenn sich, wie bei der Analyse des Dornsteins II, während der Auflösung in verdünnter Salzsäure, ein ocherbraunes Pulver abscheidet, welches hartnäckig der Auflösung widersteht und erst bei anhaltendem Digeriren mit Salzsäure, unter Abscheidung einer sehr geringen Menge Kieselsäure, aufgelöst wird, oder wenn, wie beim Dornstein I, die ausgeschiedene Kieselsäure ocherbraun gefärbt ist: so ist diefs gewifs ein sicheres Zeichen, dafs man nicht Gemenge, sondern Gemische aus Kieselsäure und Eisenoxyd unter den Händen hat. Wenn ferner, wie es bei der Analyse der Mineralien stets der Fall ist, die zuletzt ausgeschiedene Magnesia Kieselsäure enthält: so kann man gleichfalls nicht zweifeln, dafs die von der Magnesia zurückgehaltene Kieselsäure mit dieser Base in chemischer Verbindung war. Bei jenen beiden Dornsteinen zeigte sich übrigens der Unterschied, dafs in I bei weitem der gröfste Theil der Kieselsäure an Eisenoxyd, in II dagegen an Magnesia gebunden war.

Durchläuft man die Bd. I S. 890 ff. mitgetheiten Analysen von Absätzen aus heifsen Quellen: so findet man Kieselsäure-Quantitäten, welche bis auf 11,6 Proc. steigen. Da diese Absätze nicht durch Eintrocknen der Quellwasser entstanden

sind, wobei sich natürlich, wie bei unsern Analysen, alle Kieselsäure in ihrer unlöslichen Modification hätte ausscheiden müssen, sondern in Folge theilweiser Verdunstung des Wassers und sich oxydirenden Eisenoxyduls: so ist zu schliefsen, dafs das niederfallende Eisenoxyd die Kieselsäure mit niedergerissen habe, und dafs daher beide chemisch mit einander verbunden gewesen waren. Im Absatze aus dem *Cäsarsbade* (S. 891) fand Berzelius wirklich wasserhaltiges Eisenoxydsilicat. Auch aus der *Nauheimer* Soole scheidet sich, ehe sie zum Gradiren kommt, ein Sediment ab, welches bei weitem mehr Kieselsäure (2,81 Proc.), als der Dornstein enthält (Bd. II. S. 815 und S. 1047). Also auch hier setzt sich bei weitem die gröfste Menge Kieselsäure vor der Verdunstung der Soole auf den Dornen ab. Wir müssen daher gleichfalls schliefsen, dafs das abgeschiedene Eisenoxyd die Kieselsäure mit niedergerissen habe, und dafs beide in chemischer Verbindung in der Soole gewesen waren. Selbst aus kalten Säuerlingen setzt sich ganz in der Nähe der Quellen mit dem Eisenoxyd Kieselsäure ab, welche indefs nur $\frac{1}{6}$ von dem Kieselsäuregehalte ausmacht (Bd. I. S. 896).

Nach allen diesen Erfahrungen kann es nicht im mindesten zweifelhaft bleiben, dafs in allen diesen Quellen ein Theil der Kieselsäure mit Eisen verbunden ist. Da das Eisen überhaupt im Quellwasser, ehe es mit der atmosphärischen Luft in Berührung kommt, nur als Oxydul vorhanden ist und Eisenoxydulsilicate zu den allgemeinsten Bestandtheilen der Mineralien, welche aus Gewässern sich bilden, gehören: so kommt wohl stets ein Theil der Kieselsäure mit Eisenoxydul verbunden in denselben vor. Wenn nun die Gegenwart der Magnesiasilicate in den Quellwassern eben so wenig einem Zweifel unterliegt: so begreifen wir, wie dieselben Gewässer, welche Carbonate absetzen, auch das Material zur Bildung von Mineralien, die aus Silicaten bestehen, liefern und durch Austausch vorhandene Mineralien metamorphosiren können. Das so häufige Zusammenvorkommen von Carbonaten und Silicaten in Spalten und in Drusenräumen erscheint dann als das Resultat von Infiltrationsproducten aus denselben Gewässern. Was indefs gerade die, Carbonate so häufig begleitenden Zeolithe betrifft: so dürfen wir nicht

an kohlensaure Quellen denken; denn die Gegenwart freier Kohlensäure schliefst die der Kalksilicate, welche fast nie fehlende Bestandtheile der Zeolithe sind, aus.

Ueberflüssig ist zu bemerken, dafs eben so, wie die verschiedenen Bestandtheile der Quellen sich an verschiedenen Stellen ihres Laufes ausscheiden, sie auch an verschiedenen Stellen ungleiche Metamorphosen bewirken können.

Wenn eine Soole, wie die von *Nauheim* oder von *Neusalzwerk*, entweder schon ursprünglich eisenfreier als diese ist, oder wenn sie ihren Eisengehalt auf ihrem ersten Laufe abzusetzen Gelegenheit hat und dann an den Wänden einer Spalte herabfliefst: so wird sie durch theilweise Verdunstung an denselben ebenso körnigen Kalk absetzen, wie sie ihn an den Dornreisern absetzt. Beim Gradiren ist das kohlensaure Eisenoxydul in jedem Tropfen Soole, der von den Dornen abtröpfelt, der vollen Oxydation durch die atmosphärische Luft ausgesetzt; alles Eisen setzt sich daher als Eisenoxydhydrat ab. In einer engen Spalte oder in einem Höhlenraume, wo die Luft einen beschränkten Zutritt hat, scheidet sich dagegen das Eisen mehr oder weniger als Carbonat aus, wie die Analysen des körnigen Kalks und des Kalkspaths darthun. Dafs Absätze von kohlensaurem Kalke, welche sich vor unsern Augen absetzen, sehr bedeutende Mengen von kohlensaurem Eisenoxydul enthalten können, zeigt der Bd. I. S. 890 und 899 angeführte Sprudelstein. Ein gewöhnlicher *Carlsbader* Sprudelstein, in welchem weifse und röthlichbraune Lagen mit einander wechseln, liefs beim Auflösen in Salzsäure ein ocherbraunes Pulver zurück, welches höchst wahrscheinlich ein Eisenoxydsilicat war. In der davon abfiltrirten Flüssigkeit war aber Eisenoxydul mit Bestimmtheit nicht nachzuweisen. Die Salzsäure hatte überhaupt nur sehr wenig Eisen aufgelöst.

Da eine Menge kohlensaures Eisenoxydul im körnigen Kalke oder im Kalkspathe, welche nicht färbend wirkt, den kohlensauren Kalk bedeutend färbt, wenn sie sich beim Absatze als Eisenoxydhydrat ausscheidet: so würde eine Soole, wie die *Nauheimer*, einen sehr weifsen und wahrscheinlich noch mehr krystallinisch-körnigen kohlensauren Kalk geben, wenn die Ausscheidung bei beschränktem Luftzutritte er-

folgte; denn das Eisenoxydulcarbonat krystallisirt mit dem Kalkcarbonat, das Eisenoxydhydrat mengt sich dagegen blofs diesem bei. Daher kann nur das Eisenoxydhydrat, nicht aber das Eisenoxydulcarbonat störend auf die Krystallisation wirken.

Es ist demnach nicht zu bezweifeln, dafs ein körniger Kalk, wie der *Auerbacher*, der weifse wie der graublaue (S. 1018.) aus, der Soole von *Nauheim* ähnlichen Gewässern entstehen kann. Er wird eben so weifs, wie jener werden, wenn sich das Eisen als Oxydulcarbonat abscheidet, und er wird eine graublaue Farbe annehmen, wenn die Gewässer organische Substanzen enthalten, welche sich nach und nach zersetzen.

Wenn es noch nöthig wäre nachzuweisen, welche grofse Massen kohlensauren Kalks sich aus solchen Quellen, und zwar blofs in historischen Zeiten absetzen: so dürfte man nur einen Blick auf die, in den Umgebungen der Saline *Nauheim* aufgethürmten und zu Einfassungsmauern benutzten Dornsteinblöcke richten. Diese Saline besteht seit Mitte des 15. Jahrhunderts. Denken wir uns statt 400 Jahre einen hundert Mal so grofsen Zeitraum, in welchem die dortige Soole ihren kohlensauren Kalk etwa in einer Spalte abgesetzt hätte: einen Zeitraum, der als geologische Periode noch immer als ein kurzer erscheint: so würde man auf eine Menge kohlensauren Kalks kommen, welche die bei *Auerbach* weit übertreffen würde.

Es ist klar, dafs die Dornsteine zu den Absätzen aus kalten Mineralquellen (Bd. I. S. 894 und Bd. II. S. 812 ff.) gehören; denn die ursprüngliche Temperatur der Soole hat auf ihre Bildung keinen Einflufs, da die gradirende Soole die Temperatur der Luft, oder eigentlich, wegen der Verdunstungskälte, eine noch niedrigere hat. Absätze von kohlensaurem Kalke im Mineralreiche, welche den Dornsteinen ähnlich sind, lassen mithin auf eine ähnliche Entstehungsart aus kalten Gewässern schliefsen.

Durch die vorstehenden Untersuchungen hoffen wir die Frage, wie der körnige Kalkstein entstanden ist, auch auf rein chemischem Wege genügend beantwortet und die vage Ansicht, dafs er ein plutonisches oder ein plutonisch-metamorphisches Product sei, für immer verdrängt zu haben.

Die oben angeführten Stalactiten von Strahlgyps (Gypsrosen) geben zu folgenden Betrachtungen Anlafs. Ein Tropfen Soole, welcher auf einen geneigten Dorn fällt, breitet sich auf demselben rings umher aus, und setzt, wenn dieser Ueberzug ganz verdunstet, alle aufgelösten Salze ab. In diesem Falle besteht der Absatz gröfsern Theils aus Kochsalz und nur kleinern Theils aus Gyps. Fallen dann mehrere Tropfen Soole auf den Dorn, welche, schnell an demselben herabfliefsend, nur wenig verdunsten und an der Spitze des Dorns abtröpfeln: so wird das mit dem Gyps ausgeschiedene Kochsalz wieder aufgelöst und weggewaschen. Verdunstet aber jener Wasser-Ueberzug nicht ganz, so scheidet sich nur Gyps aus, und neue Tropfen Soole führen die concentrirte Kochsalzlösung fort. Je nachdem auf denselben Dorn die Tropfen schneller oder langsamer fallen, wird dieser oder jener Fall stattfinden.

Die gröfste Menge Gyps wird sich auf einmal absetzen, wenn jener Ueberzug von Soole ganz verdunstet, und wenn dieselbe mit Gyps gesättigt ist. Um dafür ein Maafs zu erhalten, tauchte ich ein Cylinderstäbchen von hartem Holze in eine 4procentige Kochsalzlösung und liefs dieselbe abtropfen, so dafs nur der Wasser-Ueberzug zurückblieb. Aus dessen Gewicht und aus den Dimensionen des Holzstäbchens wurde die Dicke des Ueberzugs berechnet. Sie betrug 0,0386 Linien. Ist dieser Ueberzug eine gesättigte Gypslösung: so berechnet sich aus dem spec. Gewichte des Gyps eine Kruste von 0,00003 Linien Dicke *) welche nach dem völligen Verdunsten des Wassers zurückbleibt. Da nun die dicksten unter den Gypsstalactiten auf jenen Dornreisern durchgängig einen Halbmesser von $6\frac{1}{2}$ Lin. haben: so mufste sich jener Ueberzug 216666 Mal wiederholen. Ein solcher Gypsstalactit ist demnach mindestens aus 216666 concentrischen Gypsringen zusammengesetzt.

Nichts kann ein treueres Bild von der Entstehung noch so grofser Krystalle in Spalten, Höhlen- und Drusenräumen

---

*) Diese Gypskrusten, so dünn sie uns auch vorkommen, sind doch noch 27 Mal so dick, als die Glimmerblättchen nach Hauy's Rechnung (S. 981.).

geben, als die angeführten Dornsteine aus Strahlgyps. Sie zeigen, wie durch eine mindestens 216666 Mal wiederholte Juxtaposition kleiner Gypsmolecüle nicht ein Haufwerk von Krystallen, deren Achsen nach den verschiedensten Richtungen liegen, sondern krystallinische aus einander laufende Strahlen entstehen, und wie die vom ersten Krystallmolecül angenommene Achsenrichtung sich unverändert erhält.

Wir sollten glauben, dafs eine solche vor unsern Augen vorgehende Bildung grofser Krystalle aus gypshaltigen Wassertropfen geeignet sein möchte, die Augen der Plutonisten etwas zu öffnen. Jene durch und durch krystallinischen Gypsstalactiten von mehr als einem Zoll Dicke sind in wenigen, vielleicht in 4—6 Jahren entstanden. Wenn die in ihnen steckenden Dornen noch länger den Dienst des Gradirens hätten leisten können: so würden gewifs noch viel dikkere Stalactiten entstanden sein, in denen die strahligen Massen sich noch immerfort in derselben Richtung vergröfsert haben würden.

Der Vorstellung der Plutonisten gegenüber, dafs die fufsgrofsen Berg- und Feldspathkrystalle in Gängen oder in Drusen im Granit *) aus aufgestiegenen feuerflüssigen Massen, gleichsam wie ein plastisches Kunstwerk aus Erz entstanden seien, mufs es freilich etwas langweilig erscheinen, wenn wir sie aus Wassertropfen entstehen lassen, und dazu Zeiträume in Anspruch nehmen, welche das mosaische Alter unserer Erde bei weitem übertreffen. Wenn wir aber bei allen geologischen Erscheinungen, wo wir der wahren Erklärung uns nähern oder auch sie ganz erreichen, auf grofse, wenn der Ausdruck erlaubt wäre, auf unendlich grofse Zeiträume kommen: so kann die lange Dauer einer geologischen Bildung nie einen Einwand abgeben, ihre Realität zu bezweifeln.

Der Gyps löset sich in 460 Th. Wasser. Es giebt Quellen, welche $\frac{1}{10000}$ Kieselsäure enthalten **); in 22 Tropfen

*) Unter andern in Drusen des Granit im *Riesengebirge*. G. Rose in Poggend. Annal. Bd. LVI. S. 624.

**) Im sogenannten Schiersäuerling von *Carlsbad* fand Berzelius, und in der sogenannten Stahlquelle von *Roisdorf* fand ich eine solche Menge Kieselsäure.

eines solchen Quellwassers ist daher ebenso viel Kieselsäure, als in einem Tropfen einer gesättigten Gypsauflösung schwefelsaurer Kalk. Es ist daher ein einfaches Rechenexempel, dafs, ceteris paribus, in einer 22 Mal so langen Zeit, in welcher ein strahliger Gypsstalactit von 1 Zoll Dicke um einen Dorn sich bildet, auch ein Bergkrystall von gleicher Dicke durch Juxtaposition entstehen kann, wenn ein Wasser, aus dem sich nichts anderes, als Kieselsäure absetzt, durch Dornreiser tropft. Kaum mehr als ein Jahrhundert würde mithin unter diesen Umständen zur Bildung eines solchen Bergkrystalls, der aus nicht weniger, als aus 4766652 concentrischen Kieselsäure-Ringen von ungefähr 1 Milliontel Linie Dicke zusammengesetzt wäre, hinreichen. Da indefs Quellen von $\frac{1}{10000}$ Kieselsäure-Gehalt sehr selten sind, sondern meist viel weniger davon enthalten: so ist ein solcher Zeitraum ein Minimum; in den meisten Fällen wird er daher bis zum 2- und noch mehrfachen steigen. Keineswegs kommen wir jedoch auf Zeiträume, welche, im Verhältnisse zu geologischen Perioden überhaupt, auffallend erscheinen können.

Was vom Quarze gilt, hat auch Bezug auf den Feldspath; denn da auch dieser im Wasser löslich ist (S. 978): so können wir uns noch so grofse Feldspathkrystalle gleichfalls als Bildungen aus wässriger Lösung durch Juxtaposition von Molecülen von aufserordentlicher Kleinheit denken. Es thut nichts zur Sache, wenn, wie wahrscheinlich, die Gewässer den Feldspath nicht unzersetzt auflösen; denn enthält die wässrige Lösung die Kieselsäure, Thonerde und das Kali in anderen Verhältnissen, als der Feldspath: so wird sich daraus dennoch Feldspath abscheiden, da nur in dem Verhältnisse, in welchem diese Bestandtheile im Feldspathe vorhanden sind, eine Krystallisation möglich ist. Ebenso wie die Bestandtheile einer Soole, welche nicht zur Bildung der Dornsteine verwendet werden, die abtropfende Soole fortführt: so werden auch die, von dem in der Bildung begriffenen Feldspathe abtropfenden Gewässer die überschüssigen Silicate fortführen, und zur Bildung anderer Mineralien oder zur Umwandlung schon vorhandener verwendet werden.

So lange es als ein Dogma galt, dafs Feldspath nur auf plutonischem Wege gebildet werden könne, würden unsere

Ansichten für Phantasie-Gebilde gehalten worden sein. Jetzt aber, wo chemische, mineralogische und geognostische Verhältnisse zu demselben Resultate führen, wird man nicht die Phantasie, sondern den schlichten Verstand für die Tramontane in unseren Forschungen halten; denn diese ruhen blofs auf einer Verallgemeinerung der Zeolithbildung in den Drusenräumen? —

Nur unverbesserliche Ultraplutonisten werden noch läugnen, dafs die Zeolithe Infiltrationsproducte sind; kann aber z. B. Analcim ein solches sein, warum nicht auch Orthoklas, der sich von jenem nur darin unterscheidet, dafs er 4 At. Kieselsäure mehr und 6 At. Wasser, und statt Kali Natron enthält? — Ein ausgezeichneter Geognost erkannte schon vor einigen Jahren, dafs mein Neptunismus eine mächtige Stütze im Vorkommen wasserfreier Silicate auf Erzgängen findet (Bd. II. S. 401.). Wie sehr haben sich aber seit dieser Zeit die Beispiele von solchen Vorkommnissen vermehrt! — Erst kürzlich beschreibt Wiser *) zwei Gangstücke von *Schemnitz* in *Ungarn*, welche krystallisirten Adular enthalten. In dem einen scheinen ein Theil des Eisenkieses und der Quarz zuerst, später der Feldspath und zuletzt die Kupferkieskrystalle, in dem andern Feldspath und Quarz zuerst, dann Braunspath und Zinkblende und zuletzt Gold und Eisenkies gebildet worden zu sein. Wir sehen also Feldspath im Wechsel mit entschieden neptunischen Bildungen und in jenem Gangstücke sogar als eine spätere Bildung, als Eisenkies.

Wir können nicht anders, wir müssen jede Bildung in Drusen, sei sie ein Carbonat oder ein Silicat, ein wasserhaltiges oder wasserfreies, seien es mikroskopisch kleine oder fufsgrofse Feldspath- oder Quarzkrystalle, für ein Infiltrationsproduct halten, wozu das umgebende Gestein das Material geliefert hat.

Zur Bildung von Krystallen von solcher Gröfse müssen auch die Plutonisten grofse Zeiträume annehmen. Wäre das Material dazu im reinen Zustande gegeben, wäre in den Drusenräumen entweder eine feuerflüssige Quarz- oder eine Feldspathmasse vorhanden gewesen: so könnte man sich

*) n. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1850. S. 429.

die Bildung solcher auch noch so grofser Krystalle als einen, in kurzer Zeit von Statten gegangenen Krystallisations-Act denken; denn nur die verhältnifsmäfsig kurze Zeit, welche bei der von aufsen nach innen fortschreitenden Erstarrung einer fufsgrofsen Quarz- oder Feldspathmasse verflossen wäre, würde dazu erforderlich gewesen sein. Finden sich aber, wie im *Krötenloche* bei *Schwarzbach* im *Riesengebirge*, fufsgrofse Feldspath- und 3 bis 4 Fufs grofse Quarzkrystalle zusammen: so müfste erst eine Sonderung der Feldspathmasse von der Quarzmasse eingetreten sein, ehe die Bildung der grofsen Krystalle hätte erfolgen können. Diese Sonderung hätte also, während des geschmolzenen Zustandes der Masse erfolgen müssen; denn eine vorher eingetretene Erstarrung würde sie unmöglich gemacht haben. Wir vermögen uns jedoch in der That nicht eine klare Vorstellung von einer solchen Sonderung zweier, in ihrer Schmelzbarkeit und Beschaffenheit ganz verschiedenen, in ihrem specif. Gewichte aber sehr nahe übereinstimmenden, geschmolzenen Massen zu machen. Wir müssen bezweifeln, dafs eine genaue Ermittelung der Lagerungsverhältnisse jener grofsen Quarz- und Feldspathkrystalle die Vorstellung, wie auf feuerflüssigem Wege die Sonderung hätte eintreten können, klarer machen würde. Vielmehr müssen wir vermuthen, dafs man dadurch zur Ueberzeugung von der Unmöglichkeit einer solchen Bildung kommen würde. Abstrahirt man aber auch von allen diesen Schwierigkeiten: so müfste doch, wie bei der Bildung auf nassem Wege, eine Juxtaposition der Krystallmolecüle, wenn auch in bei weitem kürzerer Zeit, stattgefunden haben; denn die krystallinische Erstarrung hätte ja, wie schon bemerkt, von aufsen nach innen fortschreiten müssen. Fänden sich in den genannten Drusenräumen stets regelmäfsige Verwachsungen von Feldspath und Quarz, sogenannter Schriftgranit, wie er dort wirklich häufig vorkommt: so würde die Vorstellung vom plutonischen Hergange etwas leichter werden. Doch warum mühen wir uns ab, eine Bildung zu erklären, die wir für unmöglich halten. Diefs müssen wir den Plutonisten überlassen!

## Kap. XIV.

### Schalsteine und Rotheisensteine. Deren Verhalten zu Grünsteinen und zu den Gesteinen des Schiefergebirges. Evidente Beweise für neptunische Bildungen.

---

Nach Beyrich *) ist die Bildung der *Nassauischen* Schalsteine und Grünsteine jünger, als die Haupthebung des ganzen Schiefergebirges; sie haben auf dessen Configuration und auf die Thalbildung fast gar keinen Einfluſs gehabt **). Er vergleicht die Bildung der Grünsteine mit der der jüngeren *Rheinischen* Basalte und Trachyte, welche bei ihrer Hebung gleichfalls nicht das Schiefergebirge gewaltsam durchbrochen haben; denn nirgends zeigen sich in der Nähe dieser „plutonischen Gebilde," die Schichten der Grauwacke verrückt oder gebrochen. Wo die „plutonischen Massen" hervorgetreten sind, soll ein Theil der früher vorhanden gewesenen Gebirgsarten aus dem Schichtenverbande gänzlich herausgenommen, und von jenen aufgenommen worden sein.

In der Erscheinung des Schalsteins, der, nach Oppermann, aus Thonschiefermasse, Chlorit und krystallinischem

---

*) Beiträge zur Kenntniſs der Versteinerungen des Rheinischen Uebergangsgebirges 1837. Heft I. S. 11 ff.

**) Seltsam erscheint es dagegen, daſs, nach Hausmann, (die Bildung des Harzgebirges 1842. S. 15.) die Diallag- und Hypersthengesteine des *Harzes* die Hauptursache der groſsen Umwandlung sein sollen, welche der ursprüngliche Zusammenhang und die Schichtenlage des dortigen Schiefergebirges erlitten haben.

Kalkspathe *) in den mannichfaltigsten Abänderungen besteht und stets geschichtet ist, zeigt sich das Räthselhafte einerseits in dem innigen Zusammenhange, in welchem er mit dem Grünsteine steht, mehr durch sein geognostisches Vorkommen, als durch wirkliche Uebergänge des Gesteins, andererseits in der noch engeren Verbindung, welche er zugleich mit den Schichten des Uebergangsgebirges (Grauwacke mit ihren Schiefern und Uebergangskalk) zeigt. Nach Beyrich sollen die Schalsteine im Allgemeinen durch eigenthümliche plutonische Umwandlungen mehr oder weniger veränderte Uebergangsgesteine sein. Hauptsächlich soll dem Kalksteine ein grofser Einflufs auf die Bildung derselben zuzuschreiben sein. Das von Stifft beschriebene Vorkommen von Kalkstein, der, in derselben Streichungslinie liegend, durch Schalsteine getrennt wird, hat Beyrich vollkommen bestätigt gefunden. Er zweifelt nicht, dafs hier früher zusammenhängende Kalklager vorhanden waren, welche gröfstentheils zur Bildung des Schalsteins verwendet wurden. Gar nicht selten und an vielen Orten findet man in ganz ausgezeichneten Schalsteinen Versteinerungen, welche, zuweilen noch wohl bestimmbar, mit denen, die in den dazu gehörenden Kalksteinen vorkommen, übereinstimmen.

Beyrich erwähnt noch einen in der Nähe von *Oberscheld* bei *Dillenburg* auftretenden Kalkstein, der sich durch seine eigenthümlichen Versteinerungen auszeichnet, und von dem es sehr zweifelhaft bleibt, welche Stelle er unter den Gliedern der *Rheinischen* Uebergangsformation einnimmt. Dieser Kalkstein steht in inniger Verbindung mit Eisensteinen, welche gröfstentheils lagerförmig der allgemeinen Streichungslinie des Grauwackengebirges folgen, während der Kalkstein kein zusammenhängendes Lager bildet, sondern in stockförmigen Massen in der Fortsetzung der Eisensteine auftritt. Diese Eisensteinlager haben im Hangenden Grünstein, im Liegenden Schalstein; bisweilen fehlt jener, und die Eisensteine haben im Hangenden wie im Liegenden Schalstein. An einer Stelle machen die Eisensteinlager mehrere starke Schwenkungen, welche sowohl der Grünstein im Hangenden, als der Schalstein im

*) Oppermann über Schalstein und Kalktrapp. Marburg 1836.

Liegenden mitmachen. Dieses Verhalten zeigt die vollständige Abhängigkeit des Eisensteins von der Schalstein- und Grünsteinbildung überhaupt.

In der Gegend von *Brilon* geht, nach C. F. Römer *), an vielen Puncten der aufgerichtete meist dichte, zum Theil sehr quarzreiche Rotheisenstein, bei regelmäfsigem Fortstreichen, ganz allmälig in einen unveränderten, obgleich gewöhnlich stark eisenschüssigen Kalkstein über. Der Eisenstein besitzt anfangs eine sehr bedeutende Mächtigkeit, jedoch seinem Streichen folgend, nimmt sie allmälig ab; gleichzeitig tritt aber eine Kalkbank auf, deren Dicke weiter hin in eben dem Verhältnisse zunimmt, als die Mächtigkeit des Eisensteinlagers abnimmt. Endlich keilt sich das Letztere ganz aus, und der Kalkstein tritt vollständig an seine Stelle. Fast überall haben sich im Eisensteine Petrefacten in Menge gefunden, welche in ihrem Innern aus derselben Rotheisenstein-Masse, von der sie auch eingehüllt werden, bestehen. In dem überall in der Nähe des Eisensteins vorkommenden Kalksteine finden sich zwar in der Regel nicht dieselben Versteinerungen, vielmehr läfst sich in seiner gleichförmigen Masse meist gar keine Spur von organischen Resten erkennen; allein an solchen Stellen, wo der Uebergang in den Eisenstein stattfindet, treten allmälig die Umrisse derselben Arten auch aus dem Kalksteine hervor. Je mehr der Eisengehalt zunimmt, desto bestimmter werden ihre Begrenzungen, bis sie endlich aus der Rotheisensteinmasse selbst sich mit grofser Leichtigkeit herauslösen lassen.

Die theils schiefrigen, theils breccienartigen Schalsteine in der Gegend von *Brilon* sind, nach v. Dechen **), ganz mit Kalkspathpünctchen erfüllt und mit Kalkspathäderchen durchzogen, welches manchmal so ins Feine geht, dafs gewifs im kleinsten Raume mannichfach netzförmig verzweigte Aederchen sich vorfinden. Die ganze Masse braust mit Säuren. In der kalkreichsten Abänderung des Schalsteins ist der hellgraue körnige Kalkstein schiefrig durch hellgrüne Thonchieferblätter, die sich durch denselben ziehen. Mit kalk-

*) Das Rheinische Uebergangsgebirge 1844. S. 39.

**) Archiv f. Mineral. u. s. w. Bd. XIX. S. 515.

reichen Schalsteinen kommen auch kalkfreie vor, die nicht mit Säuren brausen, wohl aber einzelne Kalkspathparthien enthalten. Auch schwarze Flecken von Chlorit, seltener als Kügelchen, finden sich darin. Ein grüngefärbter Schiefer ist mit weifsem und rothem Kalkspath ganz durchtrümmert, ein hellgelblicher, dünnblättriger mit ganz kleinen, rothen Kalkpünctchen durch und durch erfüllt. Ganz an die gewöhnlichen Gesteine der Grauwackengruppe erinnert ein schwarzer, fleckiger Schiefer, dessen Schieferungsflächen mit kleinen Knoten besetzt, und dessen Klüfte dick mit Eisenocher belegt sind. In einem dieser Schalsteine fand v. Dechen den Abdruck eines Cyathophyllum, wie dieselben im benachbarten Schiefer sehr häufig vorkommen. Hieraus ist entschieden auf eine gleichartige Entstehung mit den Schichten des Grauwackengebirges zu schliefsen. Auf der andern Seite weisen ganz deutliche, ziemlich grofse Labradorkrystalle in der Umgebung von kleinen, körnigen Kalksteinparthien oder auch zwischen schwarzen Thonschieferflecken den Zusammenhang des Schalsteins mit den Schalsteinporphyren und den Labradorgesteinen nach. In einem andern Gesteine ist die ganze Masse kalkhaltig; überdiefs liegen einzelne Brocken von Kalkstein in ihr, und feine Eisenkiespuncte sind darin zerstreut. Auch Kieselschiefer und Hornstein gesellen sich zu den schiefrigen, kalkhaltigen Gesteinen, die von rothen Quarztrümmern durchsetzt werden. Aus einem schiefrigen, ganz porösen, gelblich-grauen Gestein, anscheinend ganz verwittert (sog. Backofenstein), ist der Kalkgehalt ganz verschwunden.

Der Schalsteinporphyr besteht, wie der gewöhnliche Schalstein, aus einer gelblichgrünen, schiefrigen Grundmasse, worin Kalkspath in kleinen und gröfsern Körnern und in unbestimmt begrenzten Parthien enthalten ist. Die runden Kalkspathkörner sind mit einem beinahe schwarzen Chloritüberzuge versehen, der, nach der Fortführung des Kalkspaths, als Eisenocher zurückblieb. In diesem Gesteine liegen einzelne kleinere und gröfsere, scharf begrenzte Feldspath-(?) Krystalle, die auf den verwitterten Flächen der Felsen mit scharfen Ecken und Kanten hervorragen. Im Liegenden eines Rotheisensteinlagers (des *Enkenberger*) finden sich ausgezeichnet schiefrige Gesteine mit kleinen Kalkspathparthien

und ganz kleinen Chloritkörnchen, die ganz erfüllt sind mit ziegelrothen gröfseren und kleineren Feldspathkrystallen (oft *Carlsbader* Zwillinge). Im Liegenden eines andern Rotheisensteinlagers (des *Grottenberger*) enthält ein ziemlich dunkelgrünes, schiefriges, ganz mit Kalkspath erfülltes, und überall mit Säuren brausendes Gestein eine grofse Menge scharf ausgebildeter, ziegelrother Feldspathkrystalle. Aehnliche mit mehr oder weniger Feldspathkrystallen erfüllte Gesteine finden sich auch im Hangenden eines Rotheisensteinlagers.

Die Labradorporphyre zeigen im Allgemeinen folgende Beschaffenheit. Theils liegen in ihnen einzelne gröfsere Körner, Nieren und unregelmäfsige Parthien von Kalkspath, theils werden sie von Kalkspathäderchen durchzogen. Aber auch da, wo man den kohlensauren Kalk selbst nicht mit der Lupe erkennt, braust doch überall das Gestein stark mit Säuren. In einem dieser Porphyre ist der Kalkspath in ganz feinen Aederchen und Pünctchen vertheilt, worin sich ganz feine Labradornadeln wahrnehmen lassen. Quarz findet sich in diesen Porphyren theils in sehr unregelmäfsigen, mehrere Zoll mächtigen Trümmern, theils in Knollen, welche durch feine Aederchen mit einander verbunden sind, theils in Körnern, bisweilen von Asbest begleitet, theils in eigenthümlichen Gängen. Epidot kommt manchmal in Trümmern mehrere Zoll grofs vor, in welchen sich an den Rändern auch Labradorkrystalle finden. Chlorit und besonders Serpentin treten sehr häufig auf: jener in dünnen Schalen, dieser oft in gröfseren, flächenartig ausgedehnten Parthien.

Labradorkrystalle von sehr verschiedenen Dimensionen kommen in allen Porphyrvarietäten vor. Hier und da sind sie in Gesteinen, welche stark brausen, überaus weich. Augitkrystalle treten nur in einer Varietät auf. Körner von Augit und Magneteisen finden sich in einer andern. Schwarze Flecken hier und da mögen für Augit gehalten werden. Im einem eigenthümlichen Gesteine (Schalsteinporphyr) liegen grofse, fleischrothe Feldspathkrystalle in einer kaum erkennbaren schiefrigen Grundmasse, die durch starkes Brausen mit Säuren einen sehr grofsen Gehalt an kohlensaurem Kalke verräth. Damit steht im Zusammenhange ein schiefriges, ganz zersetztes Gestein mit grünen und röthlichen Flecken, die Feldspath- (oder

Labrador-) Krystalle gewesen zu sein scheinen. Das Gestein hat allen kohlensauren Kalk verloren und ist von gelblichgrauer Farbe.

Die Schalstein-Varietäten des *Harzes* haben, nach Hausmann *), eine bald mehr, bald weniger ausgezeichnete schiefrige Structur, die gewöhnlich flasrig ist. Der Chlorit, dem sie ihre grünen Farben verdanken, ist in der Masse ungleich vertheilt. Wie sich in dieser Abänderung die Grundmasse der Natur des Chloritschiefers nähert, so gleicht sie in andern Varietäten beinahe dem Talkschiefer, und diese sind manchmal oder zum Theil von Eisenoxyd durchdrungen. In dieser Grundmasse befinden sich Kalk- und Braunspath bald in kleinen abgeplatteten Kugeln, welche von erdigem Chlorit eingehüllt sind, bald in unregelmäfsigen Parthien. Statt des Kalkspaths ist zuweilen dichter Kalkstein in Nieren von verschiedener Gröfse und abwechselnden Lagen in der Grundmasse, wodurch diese allmälig in reineren Kalkstein übergeht. Zieht sich dagegen der Kalk zurück, so stellt sich ein bald dem Chloritschiefer, bald dem Talkschiefer nahe verwandtes Gestein dar. Die innige Verknüpfung des Grünsteins mit dem Schalstein zeigt sich am *Harz* wie im *Nassauischen*.

Was die plutonische Bildung des Grünsteins betrifft, so beziehen wir uns zunächst auf die Aeufserung eines genauen und sorgfältigen Beobachters, der sich in seinen Beobachtungen nicht von vorgefafsten Meinungen leiten läfst. v. Dechen **) sagt: „das Eindringen plutonischer Massen, von denen es schwer zu behaupten ist, ob sie früher oder später, als die Mulden und Sättel gebildet wurden und in die Schichten eingedrungen sind, verdunkelt die Verhältnisse in solcher Weise, dafs die bisherigen Beobachtungen noch nicht den Faden gefunden haben, welcher aus diesem Labyrinthe führt.“

Was soll man von Hypothesen halten, welche die Naturerscheinungen nicht erhellen, sondern verdunkeln? — Gehört es nicht zu den merkwürdigen Erscheinungen unserer Zeit, dafs sie sich dennoch geltend machen, ja in einem

*) A. a. O. S. 23.

**) A. a. O. S. 532.

grofsen Kreise der Geologen herrschend werden konnten? — Doch da wir nicht müde werden, diese Hypothesen fortwährend zu bekämpfen: so wollen wir, wenn auch gewifs zum Ueberdrusse vieler unserer Leser, noch durch folgende Bemerkungen ihre Nichtigkeit darthun.

Gegen die Vergleichung der Bildung der Grünsteine mit der der jüngeren *Rheinischen* Basalte und Trachyte ist nichts zu erinnern. Stände es unumstöfslich fest, dafs diese Gesteine als eruptive Massen zu Tage gekommen wären: so würde dasselbe für jene Grünsteine gelten. Gerade aber der Umstand, dafs die Basalte u. s. w. das Schiefergebirge nicht gewaltsam durchbrochen haben, ist einer eruptiven Bildung derselben wenig günstig. Es ist zwar denkbar, dafs dünnflüssige Massen in Spalten aufsteigen konnten, ohne dafs sie die Schichten des Nebengesteins verrückten oder zerbrachen, und dafs sie überflossen und auf dem Grundgebirge sich verbreiteten; aber steile, frei über dasselbe hervorragende Kegel konnten, nach hydrostatischen Gesetzen, auf diese Weise nicht gebildet werden. Wo feuerflüssige Massen aus Spalten thätiger oder erloschener Vulkane wirklich ausgeflossen sind, finden wir sie in Strömen, welche mehr oder weniger grofse Flächen bedeckten, oder Thäler ausfüllten oder in Cascaden, wo sie über steile Abhänge hinabstürzten. Die grofsartigen Lavaströme aus dem *Skaptar-Jökul* auf *Island* von 1783, füllten eine 400 bis 600 Fufs tiefe Felsenschlucht aus und breiteten sich 40 bis 50 engl. Meilen lang, 7 bis 15 M. breit in einer durchschnittlichen Dicke von 100 F. aus, aber nirgends konnten sie Kegel bilden. Während die höheren Vulkane nur selten Lavaausflüsse aus dem Gipfel, sondern gewöhnlich nur aus den Abhängen zeigen, überragen unsere *Rheinischen* Basalt- und Trachytkegel stets das Grundgebirge, und um so mehr, je mehr sich dieses erhebt (S. 725.). Wenn wir auch einen Versuch gemacht haben, uns von diesem Verhältnisse eine Vorstellung zu machen (S. 726 ff.): so war es auch nur ein Versuch, und die Bedenken gegen die eruptive Natur des Basalts und des Trachyts wenigstens da, wo wir keine Krater finden, sind dadurch keineswegs beseitigt.

Der Schlufs aus der eruptiven Bildung der *Rheinischen* Basalt- und Trachytkegel auf die gleiche Bildung der Grün-

steine ist demnach, da die Prämissen auf eine zweifelhafte Hypothese gegründet sind, sehr unsicher. Dazu kommt, dafs die Annahme, die Grünstein-Lager seien Einschiebsel zwischen die Schichten des Grauwackengebirges, auf noch gröfsere Schwierigkeiten stöfst. Zwar haben wir, um unpartheiisch auch diejenigen Verhältnisse in Erwägung zu ziehen, welche zu Gunsten plutonischer Ansichten sprechen, die Möglichkeit zu zeigen uns bemüht, dafs aus der Tiefe aufgestiegene feuerflüssige Massen in lagenartigen Gängen zwischen sedimentären Formationen eindringen können (S. 746). Allein da wir seitdem Gelegenheit hatten, das Vorkommen der Grünsteine in der Gegend von *Dillenburg* kennen zu lernen *): so sind wir zur vollen Ueberzeugung gelangt, dafs von einem Einschieben dieser Gesteine zwischen die Schichten des Grauwackengebirges keine Rede sein kann.

Unterhalb *Dillenburg*, am *Feldbacher Wäldchen*, geht eine 3 Fufs mächtige Thonschieferschicht, die zu beiden Seiten von 6 F. mächtigen Grünsteinbänken eingeschlossen ist, zu Tage aus. An der Kapelle bei *Burg* ist ein ganz deutlich geschichteter Grünstein durch einen Steinbruch aufgeschlossen. Derselbe findet sich im Liegenden einer mächtigen Thonschiefer-Parthie. Darauf folgt Schiefer mit feinkörnigem Grünstein im unmittelbaren Contacte, dann Grauwacke, glimmerreicher Thonschiefer, derselbe mit höher oxydirtem Eisen und Thonschiefer, alles in 3 bis 4 Zoll mächtigen Bänken. Wie kann man sich vorstellen, dafs hier eine nur einige Zoll mächtige Grünsteinbank als feuerflüssige Masse zwischen den Schichten des Grauwackengebirges eingedrungen sei? — Hätte dieses Eindringen nach der Aufrichtung derselben statt gefunden: so würde sich die Schicht im Hangenden, wenn man offene Spalten annehmen wollte, nicht schwebend haben erhalten können, und in der engen Spalte würde die eintretende flüssige Masse bald erstarrt sein und sich dadurch den Weg verstopft haben (S. 739). Dasselbe würde erfolgt sein, wenn das Eindringen vor der Aufrichtung der Schichten des Grau-

*) Meinem Freunde Grandjean, welcher mich auf dieser Excursion begleitete, verdanke ich es, dafs ich mehrere der interessantesten Punkte kennen gelernt habe.

wackengebirges statt gehabt hätte; abgesehen davon, dafs die flüssigen Massen alle darüber liegenden Schichten des Gebirges hätten heben müssen. Wenn die Vertheidiger solcher eruptiver Wirkungen die Schwierigkeit des Aufsteigens der flüssigen Massen in so engen Canälen durch die Annahme einer, den Schmelzpunkt derselben bei weitem übersteigenden Temperatur beseitigen wollten: so müfsten sich die Wirkungen einer so hohen Hitze auf das Nebengestein zeigen; allein auch nicht eine Spur davon ist im Contacte des Grünsteins mit dem Schiefer wahrzunehmen. Zwischen beiden Gesteinen, auch zwischen einzelnen Grünsteinbänken kommen zwar in der Regel hornsteinartige Massen vor, welche man für solche Contactwirkungen halten könnte; sie können aber nichts anderes sein, als verkieselte Schieferbänke, entstanden durch eingedrungene Kieselsäure-haltige Gewässer. Sie beweisen, dafs Processe auf nassem Wege statt gefunden haben, welche wahrscheinlich mit der Bildung des Grünsteins selbst verknüpft waren.

An der ersten Mühle unterhalb *Erdbach* findet sich Uebergangskalkstein, die Versteinerungen des Posidonomyenschiefers enthaltend, im Contacte mit Grünstein. Zwischen beiden Gesteinen zeigt sich kein Uebergang; nicht einmal eine Veränderung; sondern die Grenzlinien sind äufserst scharf zwischen dem röthlichbraunen Kalkstein und dem grauschwarzen Grünstein. Dieser hätte daher äufserst dünnflüssig sein müssen, in welchem Falle aber, nach Hall's Versuchen (S. 963), ein Zusammenschmelzen statt gefunden haben würde; denn ob ein durch starke Hitze erweichter kohlensaurer Kalk mit Porcellan, oder ein geschmolzener Grünstein mit Kalkstein in Berührung kommt, ist in Beziehung auf die gegenseitige Einwirkung einerlei. Greift der durch Hitze erweichte kohlensaure Kalk das Porcellan an: so wird auch ein geschmolzener Grünstein den Kalkstein angreifen.

Der Grünstein ist ganz durchdrungen von gröfsern und kleinern, weifsen Kalkspathparthien, und wird von Adern desselben röthlichbraunen Uebergangskalkes durchzogen, welcher mit ihm im Contacte ist. Ich fand Adern von 2 Linien bis zur Dicke starken Papiers. Diese Adern können nicht gleichzeitig mit den Kalkspathparthien entstanden sein; denn sonst

würden sie eben so weifs wie diese sein. Man kann sie nur für ursprünglich gebildeten Uebergangskalk halten. In diesem Falle mufs sich aber nach dem Absatze dieser Kalkschichten, und während der Bildung des Grünsteinschiefers, der Absatz des Uebergangskalks wiederholt haben: eine Erscheinung, die beim Wechsel von Schiefer- und Kalkschichten häufig wahrgenommen wird. Ist nun ganz unzweifelhaft der Uebergangskalk eine sedimentäre Bildung: so kann man für den Grünstein keine andere annehmen.

Der Wechsel zwischen der Kalkstein- und Grünsteinbildung zeigt sich in umgekehrter Ordnung ganz entschieden in zwei von Grandjean erhaltenen Stufen. In der einen (Grünstein zwischen *Erdbach* und *Medenbach*), worin Brocken von Uebergangskalk eingeknetet sind, zeigen sich kleine Pünktchen von Grünstein. In der andern (Grünstein unterhalb *Erdbach*) finden sich mehrere Linien grofse bis mikroskopisch kleine unregelmäfsige Grünstein-Parthien im Uebergangskalke ebenso eingeschlossen, wie im *Erzgebirge* im körnigen Kalksteine (S. 955 und 961). Salzsäure entblöst durch das Auflösen des kohlensauren Kalks noch viele solcher kleinen Parthien. Mit der Lupe erkennt man auch kleine Pünctchen und Aederchen desselben rothbraunen kohlensauren Kalks in den Grünsteinparthien, wie der ist, in welchem diese eingeschlossen sind. Nicht entfernt kann man hier ein Eindringen einer feuerflüssigen Grünsteinmasse in den Kalkstein annehmen; sondern entschieden zeigt sich hier ein öfters wiederholter Wechsel zwischen Grünstein- und Kalksteinbildung.

Da sich eine Einwirkung des Grünsteins weder auf den Schiefer noch auf den Kalkstein zeigt: so kann er auch nicht, selbst wenn er geschmolzen gewesen wäre, früher vorhanden gewesene Schichten des Grauwackengebirges aufgenommen haben. Wo also Gebirgsarten aus dem Schichtenverband herausgenommen zu sein scheinen, kann diefs in keinem Falle vom Grünsteine geschehen sein.

Alle diese Erscheinungen und verschiedene, von v. Dechen angeführte Verhältnisse, wie unter andern das Auftreten von Labradorporphyr mitten in einem Kalklager, sprechen gegen die eruptive Bildung der Grünsteine. Diese Gesteine sind gewifs auf dieselbe Weise entstanden, wie die Kalk-

und Schieferschichten, mit denen sie wechseln: sei es, dafs ihre Bildung zu krystallinischen Massen schon während des Absatzes der im Meere suspendirten Theilchen, oder später durch eine Metamorphose erfolgt ist.

Um Andeutungen über die Bildungsart der Schalsteine zu erhalten, wurden einige von verschiedenem Vorkommen folgenden Untersuchungen unterworfen. Gröfsere Stücke derselben wurden mehrere Tage lang in verdünnte Salzsäure gelegt, und hierauf ausgewaschen. Die dadurch von ihrem kohlensauren Kalke befreiten Schalsteine verglich man mit den davon abgeschlagenen unveränderten Bruchstücken. Jene wurden alsdann gepulvert und nochmals mit verdünnter Salzsäure behandelt, um die noch zurückgebliebenen Reste von kohlensaurem Kalke auszuziehen *). Die durch beide Operationen ausgezogenen Carbonate wurden aus dem Gewichtsverluste, und das Eisenoxyd direct bestimmt. Was aus den ganzen Stücken ausgezogen wurde, ist mit *a*, was aus dem Pulver ausgezogen wurde, mit *b* bezeichnet.

| | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|
| Kohlensaure Kalkerde (*a*) . | 25,98 | 27,33 | 32,08 |
| „ „ (*b*) . | 6,38 | 3,57 | 9,49 |
| Eisenoxyd . . . . . . . | 1,50 | 3,19 | 3,69 |
| Rückstand . . . . . . . | 66,14 | 65,91 | 54,74 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

| | IV. | V. | VI. |
|---|---|---|---|
| Kohlensaure Kalkerde (*a*) . | 7,14 | 35,41 | 1,66 |
| „ „ (*b*) . | 15,07 | 4,46 | 25,57 |
| Eisenoxyd . . . . . . . | 7,67 | 7,80 | 3,16 |
| Rückstand . . . . . . . | 70,12 | 52,33 | 69,61 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

In allen diesen Schalsteinen war der kohlensauren Kalk-

*) Die Salzsäure zog nicht alle Carbonate der gröfseren Stücke aus, weil die Entwicklung der Kohlensäure im Innern ihr weiteres Eindringen verhinderte.

erde etwas Magnesia beigemischt. Das Eisen war in I und II gröfstentheils, wenn nicht ganz, als Oxyd, in III, IV, V und VI gröfstentheils, wenn nicht ganz, als Carbonat vorhanden.

I vom *Feldbacher Wäldchen* bei *Dillenburg*. Dicht, grobschieferig und auf den Schieferungsflächen röthlichbraun. Der kohlensaure Kalk erscheint theils in ganz kleinen Parthien, theils in dünnen gerade laufenden Adern. Nach Behandlung mit Salzsäure etwas röthlicher braun, sehr wenig porös und von äufserst dünnen Spalten, welche selbst $\frac{1}{4}$ Zoll dicke Bruchstücke durchsetzen, durchzogen. Die Schieferungsflächen und die gerade laufenden Spalten deuten auf Thonschiefer, dessen Eisenoxydul durch den Umwandlungsprocefs zu Eisenoxyd geworden ist.

II von demselben Vorkommen. Von dünnschieferigem Bruche, röthlichbraun mit einzelnen grünlichen Parthien, wahrscheinlich von unzersetztem Gesteine herrührend. Ganz kleine Kalkspathpünktchen nur sehr selten. Nach Behandlung mit Salzsäure war die Farbe viel lichter. Es waren nur wenige mikroskopisch kleine Poren wahrzunehmen. Auch dieser Schalstein war, wie der vorige, ohne Zweifel ein umgewandelter Thonschiefer.

III aus der Gegend von *Dillenburg*. Röthlichbraune Grundmasse mit kleinen, rundlichen Parthien von weifsem Kalkspath. Nicht schieferig, zerspringt in unregelmäfsige Bruchstücke unter dem Hammer. Dieser Schalstein hat ganz das Gepräge eines zersetzten krystallinischen Gesteins. Nach Behandlung mit Salzsäure schmutzig gelblichweifs, sehr porös mit einzelnen röthlichen, selten grünlichen Parthien: offenbar Zersetzungsproducte eines Eisenoxydul-haltigen Minerals (Augit?).

IV aus der Gegend von *Weilburg*. Schmutziggrün mit eingesprengten weifsen Parthien (zersetzter Labrador?). Er ist wohl nichts anderes als zersetzter Grünstein mit kohlensaurem Kalke, von zersetztem Kalksilicat herrührend. Nach Behandlung mit Salzsäure auf der Oberfläche fast weifs, im Innern blassgrünlich.

V vom *Wartenberg* in der Gegend von *Bredlar* *). In

*) v. Dechen in dessen und Karsten's Archiv Bd. XIX. S. 468.

einer grünlichgrauen, feinkörnigen Grundmasse sind zahlreiche, etwas in's Röthliche schielende Kalkspathparthien von den verschiedensten Formen eingesprengt; zum Theil auch von Kalkspathadern, wie der Marmor, durchzogen. Nach dem Behandeln mit Salzsäure schmutziggelb mit vielen Drusenräumen, wovon einige ganz oder theilweise mit einer weifsen Masse, vielleicht zersetztem Labrador, ausgefüllt sind. In einem dieser Drusenräume ragte ein kleiner ochergelber Stalactit, wahrscheinlich Quarz, hervor.

Ein anderer Schalstein, ein eigentlicher Blätterstein, enthielt in der grünlichgrauen, feinkörnigen und gleichartigen Grundmasse meist rundliche Kalkspathparthien, bis zu ¼ Zoll Durchmesser.

Beide Schalsteine sind gewifs nichts anderes, als sehr zersetzte Grünsteine; denn in einem Thonschiefer können schwerlich solche zahlreiche Drusenräume, wohl aber in krystallinischen Gesteinen, in Folge verdrängter Mineralien, entstehen.

VI von *Rübeland* auf dem *Harz*. Ist wohl nichts anderes als ein feinkörniger Grünstein mit etwas kohlensaurem Kalke, von zersetztem Kalksilicat herrührend. Durch Salzsäure wurde er stark gebleicht, ohne im mindesten porös geworden zu sein.

Aus diesen Untersuchungen ergiebt sich, dafs sich Thonschiefer wie Grünsteine in Schalsteine umwandeln können, und dafs die Menge des beigemengten kohlensauren Kalks sehr variirt. Wurde der Thonschiefer in Schalstein umgewandelt: so mufste der kohlensaure Kalk natürlich von aufsen zugeführt werden, da der Thonschiefer, mit Ausnahme der grünen Schiefer (S. 993) entweder gar kein Kalksilicat, oder nur wenig davon enthält. Bei der Umwandlung des Grünsteins in Schalstein ist wenigstens ein Theil des kohlensauren Kalks durch Zersetzung seiner Kalksilicate entstanden: der kohlensaure Kalk in IV und VI, den man wohl nicht zu den eigentlichen Schalsteinen zählen kann, hat gewifs keinen andern Ursprung. Der von aufsen zugeführte kohlensaure Kalk kann theils aus oberen Schichten zersetzten Grünsteins, theils aus Uebergangskalkstein-Lager, wie namentlich im *Nassauischen* etc., durch Gewässer herbeigeführt worden sein.

Bemerkenswerth ist, dafs die Salzsäure aus IV und VI in gröfseren Stücken nur sehr wenig kohlensauren Kalk, da-

gegen bei weitem mehr nach dem Pülvern auszog. Die dichte, nicht schiefrige Beschaffenheit des Gesteins ist die Ursache davon. Der im Innern desselben enthaltene kohlensaure Kalk, sei er ein Zersetzungs- oder Infiltrationsproduct, oder beides zugleich, setzt gleichwohl voraus, dafs Gewässer eingedrungen waren. Diefs kann nicht befremden; denn je dichter ein Gestein ist, desto mehr Zeit ist zum Eindringen einer Flüssigkeit erforderlich. Wenn die Salzsäure eben so lange auf die gröfseren Stücke eingewirkt hätte, wie die Gewässer, welche die Kalksilicate zersetzt oder kohlensauren Kalk eingeführt haben: so würde gewifs aller kohlensaure Kalk ausgezogen worden sein.

Findet sich in den Schalsteinen der kohlensaure Kalk auf Schieferungsflächen und in gerade laufenden Adern, wie die Quarzadern im Thonschiefer, nicht aber porphyrartig eingesprengt; zeigen sich nach Behandeln mit Säuren keine sichtbaren Poren; ist überhaupt der kohlensaure Kalk nur durch das Brausen zu erkennen: so ist mit grofser Wahrscheinlichkeit zu schliefsen, dafs Thonschiefer das Material dazu geliefert habe. Die Schalsteine mit Versteinerungen können natürlich nur aus sedimentärem Gesteine entstanden sein. Kommt dagegen der kohlensaure Kalk porphyrartig eingeschlossen, oder auch in unregelmäfsig laufenden Adern, wie im Marmor, vor, zeigt sich, wie in der *Briloner* Gegend, eine gewisse Abhängigkeit der Schalsteine von den Labradorporphyren: so ist mit eben so grofser Wahrscheinlichkeit auf einen umgewandelten Grünstein zu schliefsen. Dafs die Gewässer, welche das Gestein durchdrungen und kohlensauren Kalk abgesetzt haben, darin auch bedeutende Veränderungen hervorgebracht, namentlich in den Grünsteinen das krystallinische Gefüge zerstört, in den Thonschiefern das Eisenoxydul in Eisenoxydhydrat umgewandelt haben müssen, ist von selbst klar.

Die unten folgende Analyse eines Uebergangskalks aus der Gegend von *Erdbach* weiset einen Gehalt von 28,62 Proc. Thonschiefer nach. Wenn daher aus einem solchen Kalksteine so viel von der kohlensauren Kalkerde fortgeführt würde, dafs ein Verhältnifs zur Thonschiefermasse sich herausstellte, wie in den Schalsteinen I und II: so könnte auf diese Weise gleichfalls ein Schalstein entstehen. In diesem Falle würde

aber das ursprüngliche Kalksteinlager sehr bedeutend an seiner Mächtigkeit verlieren, wenn es nicht Uebergangskalksteine giebt, welche bei weitem mehr Thonschiefermasse, als der in Rede stehende Kalkstein enthalten. Ob die oben (S. 1060) angeführten Schalsteine, welche in der Streichungslinie des Kalksteins liegen, von solcher Entstehung sind, lassen wir dahin gestellt. In der *Briloner* Gegend halten die Kalksteinschichten nicht regelmäfsig aus. Sie verdrücken sich, keilen sich aus im Thonschiefer und verschwinden auch gänzlich. Wandeln sich in solchen Fällen die Thonschiefer in Schalsteine um, wozu gerade die Nähe des Kalksteins die Bedingungen darbietet: so kann es leicht das Ansehen gewinnen, als seien die Schalsteine umgewandelte Kalksteine.

Bei *Darmstadt*, an der Strafse nach *Michelstadt*, den drei Brunnen gegenüber, kommt ein grünsteinartiges Gestein vor, was, wie viele dortige verlassene Steinbrüche zeigen, ehemals gebrochen wurde. Es ist im Innern grünlich, aufsen rothbraun, verwittert sehr leicht zu einer rothbraunen Erde, und wird von vielen senkrechten Barytspathadern durchsetzt. In einem dermalen noch im Betriebe befindlichen Steinbruche erscheint es als ein Mandelstein, dessen Mandeln kohlensauren Kalk einschliefsen. Bringt man ein gröfseres Stück dieses Gesteins in Salzsäure: so sieht man, dafs auch die Grundmasse kohlensauren Kalk enthält und mithin in Zersetzung begriffen ist. Nach der Auflösung des kohlensauren Kalks in den Mandeln bleibt ein grünlichweifses Mineral, theils in kleinen Drusenräumen, theils als dünner Ueberzug zurück. Die Natur dieses Minerals wird ohne chemische Analyse nicht zu ermitteln sein; vom Messer wird es leicht geritzt. Auch dieses, den Schalsteinen sich anschliefsende, unvollkommen geschichtete Gestein wird von vielen, senkrechten Barytspathadern bis zu einigen Zollen Dicke durchzogen, und ist von einer 10—15 Fufs mächtigen Lage von Bruchstücken dieses Gesteins, welche zum Theil zu einer rothbraunen Erde verwittert sind, bedeckt. Es bleibt einer näheren Untersuchung vorbehalten, ob der Barytspath nur in den Adern und der Kalkspath nur in den Drusenräumen vorkommt, und was in diesem Falle die Ursache dieser Sonderung ist. So viel dürfte gewifs sein, dafs diese beiden, vom Gesteine selbst herrüh-

renden Infiltrationsproducte in ganz verschiedenen Perioden von Gewässern abgesetzt worden sind.

An die Schalsteine schliefsen sich Dachschiefer an, welche mit Säuren sehr stark brausen, und die ich der gütigen Mittheilung meines Freundes v. Dechen verdanke. Sie kommen bei *Ostwig, Nuttlar* und *Antfeld* vor, wechseln mit schwarzen, dichten Kalksteinlagen von $\frac{1}{2}$ bis 5 Fufs Mächtigkeit und werden von Adern weifsen Kalkspaths durchsetzt. Sie gehören einer der obersten Abtheilungen des Devon-Systems an, indem sie ihre Stelle über dem *Eifler* Kalksteine einnehmen und unmittelbar von dem Nierenkalke bedeckt werden. Diese Dachschiefer wechseln, aufser mit jenen Kalksteinlagern, nur mit schwarzen Thonschiefern ab, die sich blofs dadurch von ihnen unterscheiden, dafs sie nicht die zum technischen Gebrauche nöthige Spaltbarkeit besitzen. Die sehr ausgezeichnete, von der Schichtung abweichende Spaltbarkeit (Schieferung) welche diese Dachschiefer zeigen, ist zuerst vom Bergrath Schmidt *) beobachtet und mit der ihm eigenen Genauigkeit beschrieben worden. Ganz ähnliche, ebenfalls von weifsen Kalkspathadern durchsetzte Dachschiefer finden sich bei *Howald und Maiworm* an der *Bigge*, nördlich von *Olpe.* Ob sie derselben Schichten - Abtheilung angehören, ist noch nicht genügend ermittelt.

Ein mit Säuren stark brausender Thonschiefer nahm, da ein solcher zu den Seltenheiten gehört, meine besondere Aufmerksamkeit in Anspruch; ich unterwarf ihn daher einer chemischen Untersuchung, deren Resultate im Nachstehenden folgen.

---

*) Karsten's Archiv Bd. VIII. S. 235.

I.

| | | A. | B. | C. |
|---|---|---|---|---|
| a | Kieselsäure | 0,49 | | |
| | Eisenoxyd, thonerdehaltig | 0,84 | | |
| | Kohlensaurer Kalk | 24,99 | | |
| | Kohlensaure Magnesia | 0,31 | | |
| b | Kieselsäure | 45,40 | 64,51 | 51,64 |
| | Thonerde | 9,92 | 14,10 | 11,16 |
| | Eisenoxyd | 8,35 | 11,86 | 10,34 |
| | Kalkerde | Spur | Spur | 15,78 |
| | Magnesia | 0,65 | 0,92 | 0,90 |
| | Alkalien, Wasser und Organische Substanzen | 9,05 | 8,61 | 10,18 |
| | | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

II.

| | | A. | B. | C. |
|---|---|---|---|---|
| a | Kieselsäure | 0,50 | | |
| | Thonerde | 0,19 | | |
| | Eisenoxyd | 2,62 | | |
| | Kohlensaurer Kalk | 26,02 | | |
| | Kohlensaure Magnesia | 0,16 | | |
| b | Kieselsäure | 38,80 | 58,91 | 44,41 |
| | Thonerde | 9,44 | 14,33 | 10,88 |
| | Eisenoxyd | 11,71 | 17,77 | 16,19 |
| | Kalkerde | Spur | Spur | 16,50 |
| | Magnesia | 0,39 | 0,59 | 0,53 |
| | Alkalien, Wasser und Organische Substanzen | 10,17 | 8,40 | 11,49 |
| | | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

I. Dachschiefer von der Grube *Loh.*

II. Dachschiefer von der Grube *Ostwig.* In beiden ist selbst mit der Lupe nichts von Theilchen kohlensauren Kalks wahrzunehmen, welche von der schwarzen Farbe der Schiefer zu unterscheiden wären.

I, A. und II, A. ist die ganze Zusammensetzung dieser Schiefer; *a* sind die durch Salzsäure, *b* die durch Aufschliefsen mit kohlensaurem Kali erhaltenen Bestandtheile.

I, B. und II, B. ist die Zusammensetzung, nach Abzug der Carbonate. So würde sie mithin sein, wenn die Carbonate von aufsen hinzugeführt worden sein sollten.

I, C. und II, C. ist die Zusammensetzung, wenn man die Basen der Carbonate den Basen der Silicate zufügt, welches voraussetzt, dafs die Carbonate Zersetzungsproducte der Silicate seien.

Welche von diesen beiden Annahmen die richtige ist, oder ob diese Schiefer mit ihren Carbonaten gleichzeitig abgesetzt worden sind, ist schwierig zu entscheiden. Die Zusammensetzung von I, B ist der des Dachschiefers von *Lehsten*, nach Frick's Analyse (S. 1005), ziemlich, und die von II, B der des Thonschiefers von *Devonshire*, nach Stokes, sehr ähnlich. Die bedeutende Menge kohlensauren Kalks in unserm Dachschiefer könnte daher wohl ein Infiltrationsproduct sein, und um so mehr, da dieselben mit Kalklagen wechseln, welche auch den Kalkspathadern ihren kohlensauren Kalk geliefert haben würden. Weniger wahrscheinlich ist es, dafs die Carbonate Zersetzungsproducte von Silicaten seien, wenn auch die von der Salzsäure ausgezogene Kieselsäure möglicher Weise an Kalkerde gebunden, und daher der Rest von dem zersetzten Kalksilicat gewesen sein könnte. Dafs Thonschiefer mit einem so bedeutenden Gehalte an Kalksilicat von besonderer geologischer Bedeutung sein würde, ergiebt sich aus unsern früheren Untersuchungen (S. 993 ff.).

Die Ansicht, dafs die Thonschiefermasse gleichzeitig mit dem kohlensauren Kalke aus dem Meere abgesetzt worden sei, ist wohl die wahrscheinlichste. Hierbei haben wir nicht nach der Ursache zu fragen, welche den kohlensauren Kalk zur Abscheidung aus dem Meere gebracht hat (Bd. I. S. 951 ff.); denn die mit dem Schiefer wechselnden Kalklager zeigen ja die wirklich erfolgten Kalkniederschläge. Wo aber chemische und mechanische Niederschläge mit einander wechseln, dürfte es wohl selten geschehen, dafs die Ursache, welche die chemischen Niederschläge bewirkt, plötzlich aufhört, wenn die mechanischen Niederschläge beginnen. Eine Prüfung jener

Schiefer aus der Nähe und aus der Ferne der Kalklager auf ihren Kalkgehalt würde vielleicht hierüber Auskunft geben; denn die Thonschieferlager, welche sich unmittelbar nach den Kalklagern gebildet haben, müfsten ja, wie man erwarten sollte, am kalkreichsten sein.

---

Obschon der oben angedeutete Ursprung des kohlensauren Kalks in den Schalsteinen nicht zweifelhaft sein kann: so ergriff ich doch die mir dargebotene Gelegenheit zu nachstehender Untersuchung.

In der Nähe von *Dillenburg* kommt ein Grünstein mit kleinen porphyrartig eingeschlossenen Labradorkrystallen vor, welche an manchen Stellen anscheinend sehr frisch, an anderen mehr oder weniger verwittert sind. Durch die Güte des Markscheiders Dannenberg habe ich Stücke solcher Grünsteine erhalten, woraus ich die Krystalle, so sorgfältig wie möglich vom Gesteine befreit, abgesondert habe. Die unverwitterten Krystalle sind selten ganz weifs, meist grünlich, aber nicht gleichförmig grün; hellere und dunklere Stellen wechseln mit einander ab, und mikroskopisch kleine dunkelgrüne Pünctchen und Aederchen durchziehen sie nach verschiedenen Richtungen und zwischen den Spaltungsflächen. Die halb- und ganz verwitterterten Krystalle sind gelblichbräunlich, undurchsichtig, und letztere sehr weich. Die Pünctchen und Aederchen sind in diesen verwitterten Krystallen ocherfarben. Von diesen Pünctchen und Aederchen konnten die Krystalle nicht befreit werden; es wurden aber nur solche zur Analyse ausgewählt, welche möglichst wenig davon enthielten. Defshalb war das Material nur sehr gering, und die Analyse konnte nicht mit der gehörigen Schärfe ausgeführt werden. Auf die directe Bestimmung der Alkalien mufste ich ganz verzichten.

Ungeachtet jener fremden, wahrscheinlich aus augitischer Masse bestehenden Beimengungen liefs sich doch bei der Analyse der doppelte Gesichtspunct verfolgen, durch die Vergleichung der Resultate der frischen und der halb- und ganz verwitterten Krystalle den Gang des Zersetzungsprocesses kennen zu lernen, und in Beziehung auf die Bildung der Schalsteine zu ermitteln, ob deren kohlensaure Kalkerde von

dem Kalkgehalte der zersetzten Labradore, wenigstens zum Theil, herrühren könne. Das Brausen nicht blofs der Krystalle, sondern auch des ganzen Gesteins mit Säuren zeigte schon, dafs auch die Grundmasse und deren, wahrscheinlich augitischer Antheil kohlensaure Kalkerde für die Bildung der Schalsteine geliefert haben.

Die Labradore wurden in der Siedhitze des Wassers ausgetrocknet, wobei die halb- und noch mehr die ganz verwitterten viel Wasser gaben.

Durch sehr verdünnte Salzsäure wurden die Carbonate extrahirt und der Rückstand mit kohlensaurem Kali aufgeschlossen. Jene, die offenbaren Zersetzungsproducte des Labradors, wurden dadurch von der unzersetzten Masse gesondert; denn da die Salzsäure keine Kieselsäure ausgezogen hatte: so ist es nicht wahrscheinlich, dafs durch sie ein Theil des Kalksilicats zersetzt worden war. Dafür spricht auch, dafs die Differenz nach der Subtraction des, von der Behandlung des Minerals übrig gebliebenen Rückstandes vom angewandten Minerale stets mehr betrug, als die Menge der ausgezogenen Carbonate; denn wäre ein Theil der Kalkerde an Kieselsäure gebunden gewesen: so hätte die Berechnung der ausgezogenen Basen als Carbonate eine gröfsere Menge liefern müssen, als jene Differenz ausmachte. Da bei der Extraction durch Salzsäure die directe Bestimmung der Kohlensäure versäumt wurde, und diese Bestimmung wegen Mangel an Material nicht wiederholt werden konnte: so war empirisch nicht zu entscheiden, ob die berechnete Kohlensäure der ausgeschiedenen entsprach. Der in den Analysen angegebene Verlust ist der Unterschied zwischen der Gewichtsabnahme durch Behandlung mit Salzsäure und der als Carbonate berechneten, extrahirten Basen. Ein Theil dieses Verlustes kommt auf Rechnung beigemengter organischer Substanzen, deren Gegenwart sich bei der trocknen Destillation einer gröfseren Menge Grünsteins mit ganz verwittertem Labrador aus dem brenzlichen Geruche, und aus der alkalischen Reaction des Destillats, so wie aus der Schwärzung der ausgeschiedenen Bestandtheile, nicht blofs des salzsauren Extracts, sondern auch der aufgeschlossenen Masse, ergab. Daher ist auch dieser Verlust beim ganz verwitterten Labrador, in welchen die gröfsten Mengen Wassers

gedrungen waren, am gröſsten. Zum Theil kann er auch davon herrühren, daſs ein Theil des Eisenoxyds als Carbonat vorhanden war, und daſs vielleicht die erdigen Carbonate etwas kohlensaure Alkalien, als Zersetzungsproducte der alkalischen Silicate, einschlossen. Alles dieses konnte wegen Mangel an Material nicht näher ermittelt werden. Da die Alkalien nur aus dem Verluste bei der Zerlegung der, durch kohlensaures Kali aufgeschlossenen Massen bestimmt werden konnten, und da sich namentlich die Magnesia beim Glühen schwärzte: so ist ihre Menge jedenfalls etwas zu hoch angegeben.

Die folgenden Analysen geben die Zusammensetzung der Labradore im Ganzen an. Die mit *a* bezeichneten Bestandtheile sind durch Salzsäure ausgezogen, und die mit *b* bezeichneten nach dem Aufschlieſsen erhalten worden.

| | | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|---|
| *a* | Kohlensaure Kalkerde | 2,36 | 12,44 | 4,87 |
| | Kohlensaure Magnesia | 0,37 | 0,27 | 0,37 |
| | Eisenoxyd . . . . | 1,32 | 1,18 | 1,58 |
| | Wasser *) . : . . | 0,71 | 2,60 | 1,21 |
| | Verlust . . . . . . | 1,49 | 1,87 | 3,35 |
| *b* | Kieselsäure . . . . . | 51,59 **) | 50,19 ***) | 56,01 |
| | Thonerde } . . . . . | 23,52 | 22,89 | 20,64 |
| | Eisenoxyd } | | | 2,50 |
| | Kalkerde . . . . . | 8,76 | Spur | — |
| | Magnesia . . . . . | 1,02 | 0,79 | 0,24 |
| | Alkalien . . . . . . | 8,86 | 7,77 | 9,23 |
| | | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

I. Unverwitterter Labrador. Obgleich die zur Analyse angewandten Kryställchen sorgfältigst ausgesucht wurden: so kann doch nicht behauptet werden, daſs sie sämmtlich gleich frisch waren. Das Brausen derselben mit Salzsäure und mithin die Gegenwart von Carbonaten beweiset, daſs entweder alle oder doch einige nicht mehr ganz unverändert waren.

II. Halbverwitterter Labrador. Daſs bei diesem und beim

*) Durch directe Bestimmung.

**) 51,98 nach einer zweiten Bestimmung.

***) 51,46 nach einer zweiten Bestimmung.

folgenden Labrador die einzelnen Kryställchen sich nicht in gleich zersetztem Zustande befanden, ist ganz unzweifelhaft. Die Analyse drückt daher nur ein mittleres Verhältnifs aus.

III. Ganz verwitterter Labrador.

Im Nachstehenden findet sich die Zusammensetzung dieser drei Labradore, nach Abzug der durch Salzsäure ausgezogenen Bestandtheile.

| | I, a. | II, a. | III, a. |
|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . | 54,44 | 61,47 | 63,24 |
| Thonerde } . . . | 24,82 | 28,04 | 23,51 |
| Eisenoxyd } | | | 2,86 |
| Kalkerde . . . . | 10,31 | Spur | — |
| Magnesia . . . . | 1,08 | 0,97 | 0,72 |
| Alkalien . . . . | 9,35 | 9,52 | 9,67 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Vergleicht man I, a. mit früheren Analysen des Labradors: so ergiebt sich, dafs die Menge der Kieselsäure in unserm Labrador nahe dieselbe ist, dafs dagegen die Thonerde weniger und die Alkalien mehr, als in diesen Analysen betragen. Am meisten nähert sich unser Labrador den oben (S. 917) angeführten eigenthümlichen Feldspathen in Hornblendegesteinen. Wenn aber auch in diesen dreien die Menge der Alkalien nahe mit der in unserm Labrador übereinstimmt: so ist doch die Menge der Alkalien und der Kalkerde zusammengenommen weder in diesen dreien, noch in irgend einem der bisher analysirten Labradore so grofs, als in unserm Labrador. Ein so abnormes Verhältnifs mahnt uns, die Sache so lange unentschieden zu lassen, bis durch eine directe Bestimmung die relativen Quantitäten der Alkalien ermittelt worden sein werden *).

Der Gang des Zersetzungsprocesses ist aus den drei Analysen entschieden zu erkennen. Vollkommen dem allgemeinen Zersetzungsprocesse kalksilicathaltiger Mineralien (Bd. II. S. 830) entsprechend, sehen wir, wie es hauptsächlich die Kalkerde ist, welche bis zum gänzlichen Verschwinden aus ihrer Verbindung mit der Kieselsäure tritt. Selbst im schein-

*) Vielleicht erhalte ich neue Quantitäten Material für eine solche Bestimmung.

bar unzersetzten Labrador finden wir schon einen Theil in Carbonat umgewandelt: zum Beweise, dafs aus dem frischen Aussehen eines Minerals nie auf völlige Unzersetztheit zu schliefsen ist. Die 12,44 Proc. kohlensaurer Kalk in II enthalten 6,98 Proc. Kalkerde, mithin 1,78 weniger, als die an Kieselsäure gebundene Kalkerde in I. Es ist also nicht blofs alle Kalkerde in II in Carbonat umgewandelt, sondern nahe $\frac{1}{5}$ davon durch die Gewässer schon fortgeführt worden. In III sind sogar $\frac{2}{3}$ von der gänzlich in Carbonat umgewandelten Kalkerde durch die Gewässer fortgeführt worden. Da es verwitterte augitische Labradorgesteine giebt, welche nicht mehr mit Säuren brausen: so müssen sich auch verwitterte Labradore finden, die allen ihren Kalk verloren haben.

Was von der Kalkerde gilt, hat auch Bezug auf die Magnesia; nur dafs das Magnesiasilicat der Zersetzung länger widersteht, als das Kalksilicat. Ob übrigens die in den vorliegenden Labradoren gefundene Magnesia ein wesentlicher Bestandtheil ist, oder ob sie von der beigemengten, wahrscheinlich augitischen Masse herrührt, bleibt unentschieden.

Mit dem Abnehmen und Verschwinden der Kalkerde im Labrador nimmt relativ die Kieselsäure und Thonerde zu, wie diefs I. a, II. a und III. a zeigen.

Merkwürdig ist, dafs die alkalischen Silicate so sehr der Zersetzung widerstanden haben. Da ihre Menge in II, a und III, a relativ zunimmt: so scheint es, dafs von ihnen nur wenig fortgeführt worden ist. Wahrscheinlich beginnt ihre Zersetzung erst nach gänzlicher Zersetzung des Kalksilicats und nach gänzlicher Fortführung der kohlensauren Kalkerde; denn es ist oben (S. 834. No. 18.) durch mehrere Beispiele nachgewiesen worden, dafs sich mit völliger Zersetzung augitischer Labradorgesteine auch die Alkalien vermindern.

Durch die vorliegenden Untersuchungen haben sich die aus den Zersetzungsverhältnissen augitischer Labradorgesteine abgeleiteten Gesetze (S. 830 ff.), und der dem Labrador an diesen Zersetzungen zukommende Antheil bestätigt. Wie der Augit, so liefert auch der Labrador durch Verlust seiner mit Kohlensäure verbindbaren Basen einen Thon; ein solcher, mehr oder weniger eisenhaltig, wird daher auch aus einem augitischen Labradorgestein entstehen.

Die oben (S. 712.) ausgesprochene Vermuthung, dafs die Zersetzung des Labrador, wie die des Orthoklas erfolgen werde, hat sich aber nicht bestätigt. Wir dürfen indefs nicht übersehen, dafs die relative Zunahme der Kieselsäure bei der Zersetzung des Labrador keineswegs eine absolute Abnahme derselben ausschliefst. Die Zersetzung des Kalksilicats im Labrador kann so erfolgen, dafs der gröfsere Theil der Kalkerde als Carbonat und ein geringerer Theil davon als Silicat fortgeführt wird. Das in Quellwassern neben Kalkcarbonat vorkommende Kalksilicat (Bd. I. S. 346.) und die (S. 712 ff.) angeführten Ausscheidungen von Kieselsäure deuten darauf hin. Wir dürfen endlich nicht vergessen, dafs bei einer gleichzeitigen Zersetzung einer, aus Labrador und Augit bestehenden und innig gemengten Grundmasse andere Verhältnisse stattfinden, als bei diesen Mineralien im isolirten Zustande.

Da wir mit überwiegenden Gründen nachgewiesen zu haben glauben, dafs an eine plutonische Bildung der Grünsteine nicht zu denken ist: so können auch die in Rede stehenden Labradore nur auf nassem Wege entstanden sein. Kann diefs auch befremden, wenn zwischen Thonschieferflecken Labradorkrystalle gefunden werden? (S. 1062.)

Für die Bildung der Schalsteine, für welchen Zweck diese Untersuchungen angestellt wurden, ergiebt sich das Resultat, dafs schon allein der Labrador der Grünsteine beträchtliche Mengen kohlensaurer Kalkerde (15,6 Proc. nach obiger Analyse) liefert. Dazu kommt aber noch die Kalkerde in dem anderen, wahrscheinlich augitischen Gemengtheile dieser Gesteine, der, wie das starke Brausen des, obige Labradore einschliefsenden Gesteins in seiner ganzen Masse zeigt, gleichfalls in der Zersetzung begriffen ist. Schalsteine, welche nicht so bedeutende Mengen kohlensauren Kalks, wie der oben (S. 1069 unter V.) angeführte, enthalten, können daher die ganze Menge dieses Carbonats ihren zersetzten Kalksilicaten verdanken.

Die innigen Beziehungen zwischen Kalkstein und Eisenstein erregen lebhaftes Interesse, weil sie darthun, welche verschiedenartige Umwandlungen und Zersetzungen in den Schichten des Grauwackengebirges von Statten gegangen sind.

Nicht minder zeigen sich aber auch, namentlich in der Gegend von *Brilon*, merkwürdige Beziehungen der Rotheisensteinlager zu Labradorporphyren und zu Mandelsteinen. Jene finden sich nur da, wo diese Porphyre vorhanden sind. An einigen Stellen ist der Mandelstein ganz von einem Eisensteinlager umgeben, ein solches findet sich auch mitten im Mandelsteine selbst. Die Beziehungen zwischen Kalksteinen und Eisensteinen veranlafsten die nachstehenden Analysen; die Beziehungen zwischen den Labradorporphyren oder Mandelsteinen und den Eisensteinen haben schon in früheren Untersuchungen (S. 568 ff. und S. 806.) ihre Erörterung gefunden. Eisensteinlager können aber nie den Raum erfüllen, den früher augitische Labradorgesteine eingenommen haben; denn die kieselsaure Thonerde dieser Gesteine kann nicht mit Zurücklassung der übrigen Silicate von Gewässern fortgeführt werden; wohl aber werden die Basen dieser Silicate von denselben extrahirt, und an anderen Stellen wieder abgesetzt.

I. Röthlichbrauner Uebergangskalkstein (S. 1067.)

| | | |
|---|---|---|
| Durch Salzsäure ausgezogen | | |
| Kohlensaure Kalkerde . . . | 82,19 | |
| „ Magnesia . . . | 1,50 | |
| Eisenoxyd . . . . . . . . | 0,28 | |
| | | 83,97 |
| Rückstand mit kohlensaurem Kali aufgeschlossen | | |
| Kieselsäure . . . . . . . | 9,23 | |
| Eisenoxyd . . . . . . . . | 5,56 | |
| Manganoxyd . . . . . . . | 0,33 | |
| Magnesia . . . . . . . . | 0,35 | |
| | | 15,47 |
| | | 99,44 |

So wie hier die Salzsäure die Carbonate auflöste und die Silicate zurückliefs, so konnten auch Kohlensäure-haltige Gewässer wirken. Das Eisenoxyd der salzsauren Auflösung

war im Gesteine wahrscheinlich als Eisenoxydulcarbonat vorhanden. Dafs der Rückstand, wenigstens zum Theil, aus Silicaten bestand, ergiebt sich aus seiner Unauflöslichkeit in Salzsäure; er enthielt aber auch Quarzkörnchen.

Ein solcher Uebergangskalkstein gab, nach gänzlicher Extraction der Carbonate durch die Gewässer, einen sehr kieselsäurereichen Rotheisenstein mit bedeutendem Mangangehalte. Hierbei hätte sich die Masse des ursprünglichen Kalksteins um 84 Proc. vermindern müssen. Sollten aber die Gewässer kohlensaures Eisenoxydul aufgelöst enthalten haben: so konnte dieses den fortgeführten kohlensauren Kalk zum Theil ersetzt haben; denn kohlensaurer Kalk kann durch kohlensaures Eisenoxydul verdrängt werden (S. 823.). Dieses durch Oxydation des Oxyduls in Eisenoxyd umgewandelte kohlensaure Eisenoxydul würde das bereits vorhandene kieselsäurereiche Eisenoxyd cementirt und in dichten quarzhaltigen Rotheisenstein umgewandelt haben.

Sind die, allmälig in stark eisenhaltigen Kalkstein übergehenden Rotheisensteinlager auf diese Weise gebildet worden: so müfste, sofern der Rotheisenstein nur vom Kalksteine abstammen, und dieser nicht mehr Eisenoxyd enthalten sollte, als der obige, das Rotheisensteinlager bei weitem weniger mächtig, als das entsprechende Kalksteinlager sein. Der oben (S. 1061) angeführte Umstand, dafs die Umrisse der Versteinerungen im Kalksteine allmälig hervortreten, wo der Uebergang in den Eisenstein stattfindet, dürfte eine Folge der Extraction des kohlensauren Kalkes sein. Die Bildung der Eisensteine aus Kalkstein wird da um so wahrscheinlicher, wo jene mit diesem stark durchzogen sind, wie im mächtigsten Lager der *Briloner* Gegend, (auf dem *Grottenberg*), wo bisweilen ¾ des ganzen Haufwerks ausgeschlagen werden müssen. Ueberhaupt ist in dieser Gegend der Eisenstein, wenn er sehr mächtige Lager bildet, sehr kalkreich. Auch im *Nassauischen* kommt der kalkreiche Eisenstein oft in sehr mächtigen Lagern vor, während der mit Quarz gemengte, oder auch der reine Rotheisenstein nur kleinere Räume erfüllt. Vielleicht hat sich bei der Bildung dieser Eisensteine das ursprünglich mit dem kohlensauren Kalke innig gemengte Eisenoxyd von demselben parthienweise gesondert; viel-

leicht ist aber auch das Lager im gesonderten Zustande entstanden.

Bemerkenswerth ist, dafs der Rückstand von der Behandlung des Uebergangskalksteins mit Salzsäure ein Silicat aus Eisenoxyd, Manganoxyd und Magnesia ist; denn hieraus ergiebt sich die Möglichkeit der Bildung krystallisirter Silicate, wie der Grünsteinparthien im Uebergangskalke, aus der Masse des Kalksteins, sofern die noch fehlenden Silicate von aufsen hinzugeführt wurden. Der Eisenkiesel und Quarz, welche hier und da den Rotheisenstein begleiten, rühren wahrscheinlich auch von dieser Beimengung her.

Ein bläulichgrauer Uebergangskalkstein, der im Contacte mit dem Posidonomyenschiefer bei *Erdbach* vorkommt, enthielt, parallel der Schichtung eine braune, mürbe Lage von $\frac{1}{2}$ bis 1 Zoll Dicke, welche nach einer Seite hin vom Kalkstein eingeschlossen war. Ein starker Geruch nach Chlor, beim Uebergiefsen dieser Lage mit Salzsäure, zeigte die Gegenwart von Mangansuperoxyd. Die Zerlegung durch Salzsäure gab folgende Zusammensetzung:

| II, *A*. Uebergangskalkstein | | *B*. Braune Lage | |
|---|---|---|---|
| Kohlensaure Kalkerde . . | 65,33 | | 1,66 |
| „ Magnesia . . | 1,23 | | 2,39 |
| Kohlensaures Eisenoxydul . | 2,39 | Eisenoxyd | 5,38 |
| „ Manganoxydul | 0,83 | Manganoxyd | 0,24 |
| Kieselsäure . . . . . . . | — | | 0,73 |
| In Salzsäure unlösliche dunkelgraue Thonschiefermasse | 28,62 | | 28,62 |
| Wasser und Verlust . . . | 1,60 | | |
| | 100,00 | | 39,02 |

Die Thonschiefermasse in *A* blieb in der Form der angewendeten Stücke zurück. Es unterliegt keinem Zweifel, dafs die braune Lage durch Fortführung des gröfsten Theils des kohlensauren Kalks und durch höhere Oxydation des Eisenoxydul- und Manganoxydul-Carbonats im Kalksteine entstanden war. Die Bestandtheile der braunen Lage wurden bestimmt, indem man voraussetzte, dafs sich der in Salzsäure

unlösliche Rückstand bei seiner Zersetzung nicht vermindert habe. Die Gegenwart der Kieselsäure in der salzsauren Auflösung zeigt jedoch, dafs sich dieser Rückstand, wenigstens zum Theil, in, durch Salzsäure zersetzbare Silicate umgewandelt hatte. Ein Theil des Eisenoxyds und der Magnesia in *B* mag daher wohl von diesen zersetzten Silicaten herrühren, wofür auch spricht, dafs der Rückstand von *B* fast weifs, dagegen der von *A* dunkelbraun war, und dafs das Eisen und die Magnesia zugenommen hatten. Die Raumverminderung, welche bei dieser Umwandlung eingetreten sein mufste, gleicht die mürbe und poröse Beschaffenheit von *B* etwas aus.

Wenn auch die vorstehenden Untersuchungen die wirkliche Umwandlung des Uebergangskalksteins in Eisenstein darthun: so konnte dadurch doch nur ein, 14,4 Proc. manganhaltiges Eisenoxyd-haltender Eisenstein entstehen. Giebt es aber Uebergangskalksteine, welche viel weniger unlösliche Rückstände enthalten: so wurden viel reichere Eisensteine, wie sie in der Umgegend von *Dillenburg* vorkommen, erhalten. Ob die Uebergangskalksteine hauptsächlich nur das Eisen und das Mangan als Carbonate, wie in II, oder auch als Oxyde, wie in I, enthalten, ist für die Umwandlung einerlei; denn das Eisen und das Mangan werden im ersteren Falle während der Extraction des kohlensauren Kalks höher oxydirt, im zweiten Falle bleiben sie als Oxyde zurück.

Sind die Rotheisensteine aus Kalklagern auf diese Weise entstanden, sind, wenigstens zum Theil, die Schalsteine Thonschieferlager, welche kohlensauren Kalk aufgenommen haben: so liegt die Vermuthung nahe, dafs jener fortgeführte kohlensaure Kalk es ist, welcher in diese Lager eingedrungen ist. Durch solche Ortsveränderungen mufste eine Störung in den Schichtungsverhältnissen eintreten.

Erinnert man sich, dafs die Erdfälle im Kalkgebirge von der Fortführung des kohlensauren Kalks durch Gewässer herrühren, dafs z. B. die *Pader*-Quellen eine Menge dieses Carbonats, gleich einem Erdfalle von 150 Fufs Durchmesser und 25 Fufs Tiefe, in 67 Tagen fortführen (Bd. I. S. 25 u. 26.): so gewinnt man einen Ueberblick von den

grofsartigen Ortsveränderungen, welche auf diese Weise entstehen *).

Wird ein Kalklager an einer Stelle mehr, an einer andern weniger ausgewaschen: so entstehen ungleiche Senkungen und die hangenden Lager kommen aus ihrer ursprünglichen Lage. Wir sind weit entfernt, diefs für die Ursache der Aufrichtung des ganzen Gebirges zu halten; dafs aber dadurch partielle Verrückungen der Schichten eintreten mufsten, kann nicht bezweifelt werden. Und so kann wohl die überkippte Schichtenstellung in der *Briloner* Gegend, wodurch ein Rotheisensteinlager, gegen die allgemeine Regel, unter dem Mandel- und Schalstein erscheint **), zum Theil von solchen Ortsveränderungen herrühren. Dafs die Rotheisensteinlager im *Nassauischen* noch in ihrer dermaligen Lage häufig Verwerfungen erleiden, zeigen die sogenannten tauben Klüfte, welche dieselben durchsetzen und gewöhnlich mit einer ganz zersetzten Schalsteinmasse erfüllt sind. Auch Sättel und Mulden, welche oft auf diese Lager verändernd einwirken, so dafs sich das Eisenoxyd mehr in den Schalstein zieht, sind bei diesen Lagern nicht selten ***).

Während sich im Vorstehenden Beweise auf Beweise ge-

---

*) Bekannt sind die zuweilen sehr ausgedehnten hohlen Räume in dem grofsen Kalkgebirge der *illyrischen* und *dalmatischen* Küsten welche eine Länge von mehreren Meilen zu erreichen scheinen, so wie die vielen trichterförmigen Vertiefungen auf der Oberfläche dieses Kalkgebirges. Sogar der tiefe Kessel, auf dessen Grunde *Idria* mit seinen Quecksilbergruben liegt, scheint eine grofsartige Einsenkung zu sein. Das Hervordringen bedeutender Wassermassen aus trichterförmigen Vertiefungen auf dem Boden des berühmten *Zirknitzer* See's, nach anhaltendem Regen, wodurch eine Fläche von 2 Stunden Länge und ½ Stunde Breite mit Wasser erfüllt wird, giebt gleichfalls einen Begriff von der Ausdehnung der unterirdischen Aushöhlungen. H. v. Gansauge in Poggend. Annal. Bd. LI. S. 291.

**) v. Dechen a. a. O. S. 532. Die Auflagerung der Rotheisensteinlager auf dem Schalsteine begünstigt die Ansicht, dafs dieselben aus Kalklagern entstanden sind, deren kohlensaurer Kalk durch Gewässer fortgeführt, und zur Umwandlung des Thonschiefers in Schalstein verwendet worden ist.

***) F. Sandberger a. a. O. S. 36.

drängt haben, welche die letzten Stützen plutonischer Hypothesen zu brechen drohen, finden wir diese Hypothesen von Cotta neuerdings wieder mit besonderer Wärme vertheidigt. Dafs es uns nicht schwer geworden ist, gerade in der Beweisführung für plutonische Wirkungen die entschiedenen Beweise dagegen zu finden, dürfte sich aus unseren Bemerkungen in den beiden vorigen Kapiteln ergeben haben. Da wir in diesen Kapiteln die Genesis der Gebirgssteine, wie sie sich aus den bisherigen geognostischen und chemischen Untersuchungen ergeben, überhaupt abgehandelt haben, und im Folgenden nur noch weitere Belege liefern werden: so dürfte es am geeigneten Orte sein, auch einen mittleren, von Cotta eingeschlagenen Weg, der den Neptunismus mit dem Plutonismus zu verknüpfen scheint, hier zu beleuchten.

Er *) stellt als eine Möglichkeit hin, dafs die krystallinischen Massengesteine bei ihrem Empordringen nicht durch Wärme allein, sondern zugleich durch etwas Wasser flüssig gewesen sein können. Jedenfalls hält er es für eine Thatsache, dafs sie im erweichten Zustande von unten nach oben geprefst wurden: d. h. dafs sie eruptiv sind. Da aber die eruptive Form weit sicherer erwiesen ist, als der einst heifsflüssige Zustand: so scheint es ihm zweckmäfsig, insbesondere die Chemiker, welche die Möglickkeit der plutonischen Massengesteine läugnen, auf die nicht nothwendige Abhängigkeit dieser beiden Dinge von einander aufmerksam zu machen.

Wenn die Plutonisten die Sache auf diesen Stand bringen: so ist eine Verständigung zwischen ihnen und den Chemikern möglich, und beide können sich dann gegenseitig die Hände zur Erforschung der Wahrheit reichen. Die Ermittelung der Form- und Lagerungsverhältnisse der Gebirgsgesteine ist die Sache der Geognosten; wie aber die Mineralien in krystallinischen Gesteinen sich bilden können, diefs gehört ausschliefslich vor das Forum der Chemie. Die Chemie kann nicht da aufhören, wo die natürlichen Verbindungen der Elemente beginnen; denn was der Chemiker im La-

*) Geologische Briefe S. 10.

boratorium zu Stande bringt, wird nach denselben Gesetzen wie die Werke der Natur gebildet.

Die Geognosten haben die Bemühungen der Chemiker, welche die Producte der metallurgischen Processe untersuchten, und die künstliche Darstellung von Mineralien auf feuerflüssigem Wege versuchten, dankbar erkannt. Eine grofse Einseitigkeit würden sie sich zu Schulden kommen lassen, wenn sie den Chemikern nur so weit folgen wollten, als dieselben diesen Weg einschlagen. In eine solche Einseitigkeit scheinen aber die Geognosten der plutonischen Schule meist verfallen zu sein.

Wir haben ähnliche Erscheinungen, wie an Gesteinen, welche mit Laven und Schlacken in Berührung gekommen sind, an Gesteinen, namentlich an sedimentären, im Contacte mit krystallinischen Massen nicht wahrgenommen (B. II. S. 732 u. 1013). Die sogenannten Contactwirkungen sind, so weit sie bisher chemisch untersucht worden, nicht blofs Veränderungen in der Form, sondern auch in der Mischung (S. 1011 ff.). Die Mischung eines Gesteins kann sich aber durch Berührung mit heifsen und selbst mit geschmolzenen Massen nur dann ändern, wenn Stoffe vorhanden sind, die durch Hitze verflüchtigt oder zerstört werden, oder wenn das Feste mit dem Geschmolzenen zusammenschmilzt. Mit Ausnahme der Kohlensäure in den Carbonaten, des Wassers in vielen Silicaten und der organischen Ueberreste in den sedimentären Gesteinen, giebt es aber in den Gebirgsgesteinen keine Stoffe, die verflüchtigt oder zerstört werden können. Wesentliche Mischungsänderungen hätten daher die sedimentären Gesteine nur durch Verlust dieser flüchtigen Bestandtheile erleiden können, wenn sie mit geschmolzenen Massen in Berührung gekommen wären. Da in der Regel und namentlich bei Gesteinsgängen, wenn die Contactflächen nicht zersetzt oder verwittert sind, die Grenzen zwischen beiden Gesteinen äufserst scharf erscheinen: so kann kein Eindringen der im feuerflüssigen Zustande gedachten Massen stattgefunden haben. Es kann also auch dadurch keine Mischungsänderung in dem Nebengesteine eingetreten sein. Wirkliche Veränderungen in der Mischung desselben können daher unmöglich die Resultate plutonischer Einwirkungen sein, und nichts ist

unlogischer, als aus solchen Veränderungen auf eine plutonische Metamorphose schliefsen zu wollen.

Wenn die Plutonisten gezwungen sind, einen ungeheuren Druck anzunehmen, wodurch jene so sehr flüchtigen Stoffe, Kohlensäure und Wasser, in ihren Verbindungen gebannt werden sollen: so würden sie sich die gröfste Inconsequenz zu Schulden kommen lassen, sofern sie auch nur an die Möglichkeit dächten, dafs ein solcher Druck auf die feuerbeständigsten Stoffe, wie Kieselsäure, Magnesia u. s. w. nicht gewirkt haben sollte. Zu solchen, allen chemischen und physikalischen Gesetzen widersprechenden Annahmen würden sie aber kommen, wenn sie Mischungsänderungen im Nebengesteine aus einer plutonischen Einwirkung erklären wollten. Mögen sie sich doch klar machen, dafs ein hoher Druck, welcher die Entweichung jener flüchtigsten Stoffe verhindert hätte, noch bei weitem mehr ein Hindernifs der Verflüchtigung der Kieselsäure u. s. w. gewesen sein würde. Wäre daher auch nur einmal eine Umwandlung eines, in Berührung mit einer krystallinischen Gangmasse stehenden Schiefers in Hornstein wahrgenommen worden: so müfste diese einzige Thatsache zur Ueberzeugung führen, dafs die vom Schiefer aufgenommene Kieselsäure unmöglich von der feuerflüssig gedachten Gangmasse hineingeblasen worden sein konnte. Und eben so wenig hätte Magnesia von einer solchen Gangmasse aus dem Nebengesteine hinausgeblasen werden können, wenn sich, wie in den oben (S. 1011) angeführten Fällen, in diesem Gesteine eine Verminderung der Magnesia zeigt.

Ist nun entschieden dargethan, dafs die Veränderungen im Nebengestein, welche die Plutonisten für Beweise des einst heifsflüssigen Zustandes krystallinischer Gangmassen nehmen, gerade das Gegentheil beweisen; sprechen aber, nach ihrer Behauptung, die Form- und Lagerungsverhältnisse dennoch für eine eruptive Entstehung solcher Gangmassen: so hat wiederum der Chemiker zu untersuchen, ob sich aus einer durch Wasser erweichten Masse ein krystallinisches Gestein bilden konnte. Hierbei kommt natürlich die Frage gar nicht in Betracht, ob eine solche Masse von unten nach oben eingeprefst wurde, oder ob sie umgekehrt von oben nach unten

in die Spalten drang. Enthält die Gangmasse Mineralien, welche auf nassem Wege entstehen können; ist sie z. B. ein granitisches Gestein: so kann der Chemiker keinen Augenblick Anstand nehmen, die Möglichkeit einer solchen Bildung einzuräumen, da Feldspath, Quarz und Glimmer wirklich auf diesem Wege, sei es unmittelbar oder mittelbar durch Metamorphose, gebildet werden. Er ist dann im Stande zu begreifen, wie sich die durch eine Gangmasse dringenden und darin krystallinische Bildungen hervorrufenden Gewässer auch in das Nebengestein verbreiten und auch in diesem durch Austausch, durch Verdrängung u. s. w. Umänderungen hervorbringen konnten. Ein Uebergang von Bestandtheilen aus der Gangmasse in das Nebengestein oder aus diesem in jenes, welcher sich aus einer plutonischen Einwirkung nicht begreifen läſst, erscheint dann als eine, von der gröſseren oder geringeren Wasserdurchdringlichkeit beider Gesteine und von der Lage der Gangspalte abhängige Nothwendigkeit.

Da demnach den Chemiker, als solchen, die Frage nicht berührt, ob eine gegebene Gangmasse von unten nach oben oder von oben nach unten in die Spalte eingedrungen ist: so überläſst er die Beantwortung dieser Frage dem Geognosten, der aber freilich, der Natur der Sache nach, hierüber auch nicht absolut zu entscheiden vermag.

Kann man manche Gänge bis zu noch so groſser Tiefe verfolgen: so ist damit doch nicht bewiesen, daſs sie alle sedimentären Formationen und bis zu solchen Tiefen durchsetzen, wo man den Heerd solcher Gangmassen annehmen kann. Finden sich Gesteinsgänge, die sich nach unten auskeilen: so läſst sich wenigstens von diesen eine eruptive Bildung nicht behaupten; sondern die Gangmasse muſs auf anderen Wegen in die Gangspalten eingeführt worden sein. Reich an Beispielen solcher Art sind die durch den Bergbau aufgeschlossenen Gebirge in *Schweden* und *Norwegen*. So berichtet Erdmann *) über zahlreiche vereinzelte Granit-

*) Försök till en geognostisk-mineralogisk Beskrifning öfver Tunabergs Socken etc. Stockholm 1849. Im Auszuge von Rammelsberg in der Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellsch. Bd. II. S. 131 ff.

Einlagerungen im Gneifse, theils zwischen dessen Schichten, theils diese durchsetzend, in einer Mächtigkeit von einigen Zollen bis zu mehreren Ellen. Er schliefst daraus, und wir mit ihm, dafs die plutonische Metamorphose oder wohl gar der eruptive Character der hier vorkommenden Gesteine den Thatsachen nicht angemessen ist.

---

Wir stellen die wichtigeren der aus den Kapiteln X—XIV sich ergebenden Resultate zusammen.

1) Die Hornblenden verwittern im Allgemeinen schwieriger, als die Augite, weil sie weniger Kalk enthalten, wie diese (S. 846. 850. 889.).

2) In manche Hornblenden geht Natron als Bestandtheil ein (S. 849.).

3) Es giebt chemische Kennzeichen, woraus zu ersehen ist, ob ein scheinbar unveränderter Krystall im Laufe der Zeit Veränderungen erlitten hat (S. 858.).

4) Hornblende und Augit kommen zusammen in Gesteinen vor (S. 859.).

5) Nichts spricht entschieden für die Bildung der Hornblende auf plutonischem Wege (S. 865. 966.).

6) Die Umwandlungen der Hornblende sind nicht so mannichfaltig, wie die des Augit (S. 804.).

7) Die Hornblende unterliegt denselben Zersetzungsprocessen, wie der Augit. Dieser scheint aber einer Umwandlung in Chlorit nicht fähig zu sein.

8) Tritt Kalkerde ganz und Eisenoxydul mehr oder weniger aus der Hornblende, so entsteht Chlorit. Scheidet sich gleichzeitig Thonerde aus, so entsteht Serpentin. Treten, aufser der Magnesia, alle Basen aus der Mischung, so entsteht Speckstein oder Talk (S. 879.). Bei der Umwandlung in Chlorit und Serpentin scheidet sich zugleich Kieselsäure aus, nicht aber bei der Umwandlung in Speckstein oder Talk (S. 879. 880. 959.).

9) Die Umwandlung in Chlorit, mit Ausscheidung von Quarz und mit Bildung von Kalkcarbonat und Magneteisen, ist ein sehr gewöhnlicher Procefs (S. 880. 951.).

10) Bei der Umwandlung in Chabasit tritt Magnesia mit Eisenoxydul aus der Mischung (S. 880.).

11) Wird in einer thonerdehaltigen Hornblende Kalk durch Kali verdrängt: so erhält man die Mischung des Magnesiaglimmers. Das Vorkommen des Glimmers auf zerfressenen Stellen der Hornblende, der so häufige Uebergang des Hornblendeschiefers in Glimmerschiefer, der Uebergang des Syenit in Granit u. s. w., deuten auf Umwandlungen der Hornblende in Glimmer (S. 872. 877. 888. 951.).

12) Die Hornblende wird von allen Feldspathen begleitet (S. 884.) und die kalkreichsten finden sich in den Hornblendegesteinen (S. 941.).

13) Nach der Bildung des Syenit fanden Umbildungen in zeolithartige Mineralien und später in Feldspath statt (S. 890.).

14) Processe im Mineralreiche gleich denen im Pflanzenreiche (S. 891.).

15) Die Hornblendegesteine, in denen die Kalkerde die Magnesia überwiegt, enthalten kalkreiche Feldspathe (S. 905.).

16) Der Feldspath des Kugeldiorit auf *Corsica* ist entweder Anorthit oder eine Varietät desselben. Auch der Felsit ist dem Anorthit sehr ähnlich. Selbst der in Laven u. s. w. vorkommende Anorthit ist ein Infiltrationsproduct (S. 909 ff.).

17) Der Feldspath im Diorit von *Pont-Jean* in den Syeniten der *Vogesen* und im Porphyr von *Chagey* scheint veränderter Oligoklas zu sein (S. 913. 919. 927.).

18) Ein Feldspath ist nie einer Species zuzutheilen, die weniger Kieselsäure als er enthält (S. 913.).

19) Aus dem Wassergehalte eines Feldspaths bestimmt sich sein Kieselsäureverlust (S. 914.).

20) Es ist schwierig zu ermitteln, ob in der Grundmasse eines Gesteins Hornblende oder Augit enthalten ist (S. 916.).

21) Kalkoligoklas in Hornblendegesteinen (S. 918.).

22) Der Wassergehalt in veränderten Feldspathen ist ein Hülfsmittel zu ihrer Bestimmung (S. 920.).

23) Der Andesin im Andesit ist Kalkoligoklas (S. 921.).

24) Die Bildungs-Folge der Hauptgemengtheile des Syenit richtet sich nicht nach ihrer Schmelzbarkeit (S. 923.). Sie läfst sich nicht mit einer plutonischen Bildungsart einigen (S. 1005.).

25) Elementare Zusammensetzung der Syenite (S. 925.).

26) Der Porphyr von *Chagey* geht mit zunehmendem Wassergehalte in Mandelstein über (S. 928.).

27) In quarzfreien Hornblendegesteinen ist die Menge der Kieselsäure übereinstimmend (S. 932.).

28) In quarzhaltigen Hornblendegesteinen scheint ein kalkreicher Feldspath vorzukommen (S. 934.).

29) Classification der Hornblendegesteine (S. 942.).

30) Die grofse Mehrzahl der Grünsteine ist durch Augit und nur die Minderzahl durch Hornblende characterisirt (S. 944.). Sie lassen sich nicht classificiren (S. 948.).

31) Der chemische Procefs bei den Pseudomorphosen von Prehnit nach Analcim ist noch nicht ermittelt (S. 946.).

32) Der Saussurit nähert sich bald dem Labrador, bald dem Vosgit, bald selbst dem Anorthit (S. 950.).

33) Gabbro, Euphotid und selbst Hyperit sind zu den Grünsteinen zu zählen (S. 951.).

34) Der Uebergang des Chloritschiefers in Glimmerschiefer schwebt noch im Unklaren (S. 952.).

35) Wenn bei Zersetzung von Diorit die Magnesia sich in Carbonaten findet: so kann Chlorit oder ein anderes Magnesiasilicat nicht als Zersetzungsproduct auftreten (S. 957.).

36) Der Erlan, ein mechanisches Gemeng, ist ein Zersetzungsproduct aus Albit und Hornblende (S. 957.).

37) Die Zersetzung der Hornblende in Speckstein oder Talk scheint im *Erzgebirge* selten stattzufinden (S. 958.).

38) Bildung von Schwefelmetallen bei Gegenwart von Gyps (S. 960.).

39) Das Eindringen des Kalksteins zwischen die Schiefer im feuerflüssigen Zustande ist nicht möglich (962.).

40) Der *Taberg* ist ein mächtiges, mit einer Menge Eisenerze imprägnirtes Grünsteinlager im Gneifs (964.).

41) Hornblendekrystalle mitten in Erzlagern (S. 965.).

42) Eine Umwandlung des Hornblendeschiefers in Talkschiefer ist möglich (S. 967.).

43) Die granitischen Gänge und Adern tragen mehr den Charakter von Secretionen als von Injectionen (S. 970.).

44) Die Kupfererzgänge im Diorit hören plötzlich auf, wenn sie das Schiefergebiet erreichen (S. 971.).

45) Hornblendegesteine und Grünsteine stehen in inniger Beziehung zu den Thonschiefern (S. 972.).

46) Der Grünstein ist nicht durch den Thonschiefer gebrochen (S. 972.).

47) Hornblende und Epidot mit Versteinerungen (S. 973.).

48) Hornblendeschiefer sind keine gebackenen Thonschiefer, sondern entweder ursprüngliche oder metamorphische Bildungen auf nassem Wege (S. 975. 976 ff.).

49) Im *Glätzer* Uebergangsgebirge fehlen die massigen Gesteine, welche eine plutonische Metamorphose hätten veranlassen können (S. 975.).

50) Die Processe der metamorphischen Bildungen auf nassem Wege (S. 977. 1006.).

51) Die Mineralien und Gebirgsarten sind im Wasser löslich (S. 978.).

52) Apophyllit löset sich im Wasser und krystallisirt wieder aus der Lösung (S. 980.).

53) Diopsid löst sich unzersetzt in Salzsäure (S. 980.).

54) Aufserordentlich dünne Glimmerblättchen (S. 981.).

55) Die Kalk- und Magnesiasilicate waren früher in gröfserer Menge im Thonschiefer vorhanden als jetzt (S. 984.).

56) Der Thonschiefer enthält stets Spuren von Natron (S. 984.).

57) Natron wird aus dem Thonschiefer durch Gewässer in gröfserer Menge als Kali extrahirt (S. 985.)

58) Chlornatrium wird von Kalisilicat zersetzt (S. 986.). Kalisilicate im Thonschiefer werden daher durch Kochsalzhaltige Gewässer in Natronsilicate umgewandelt (S. 987.).

59) Wie sich Silicate auf nassem Wege bilden (S. 988.).

60) Thonschiefer von geringem Kieselsäuregehalte (S. 991.), der Zusammensetzung des Diorit ähnlich (S. 992.).

61) Die grünen Schiefer im *Glätzer* Uebergangsgebirge enthalten Kalk- und Magnesiasilicate (S. 993.).

62) Zusammensetzung eines Urthonschiefers und Hornblendeschiefers (S. 996.).

63) Der Urthonschiefer enthält die Silicate des Hornblendeschiefers (S. 997.).

64) Die grünen Schiefer in der Zusammensetzung den Hornblendeschiefern ähnlich (S. 997.).

65) Körnige Kalksteine mit Glimmer (S. 999.).

66) Körniger Kalkstein ist weder eine eruptive noch eine plutonisch-metamorphische Bildung (S. 1001. 1010. 1020. 1053.).

67) Organische Ueberreste im körnigen Kalk (S. 1001. 1018. 1022.).

68) Aehnlichkeit zwischen der Zusammensetzung des Thonschiefers und des Syenit (S. 1002.).

69) Die Pseudomorphosen nach Formen von Quarz zeigen, dafs auch dieser durch Gewässer fortgeführt werden kann (S. 1008.).

70) Veränderungen im Muschelkalk in Berührung mit Melaphyr sind keine plutonischen Contactwirkungen (S. 1011. 1089).

71) Uebergang des Korallen-Kalksteins in Kalkspath-Individuen (S. 1012.).

72) Eine plutonische Umwandlung des Granit in Serpentin ist nicht möglich (S. 1018.).

73) Bei der Umwandlung der sedimentären Kalksteine in körnige verschwinden in der Regel die organischen Formen (S. 1022.). Im Marmor finden sie sich aber manchmal noch (S. 1023.)

74) Körniger Kalk ein Versteinerungsmittel (S. 1023.).

75) Hoher Druck ohne Wärmeerhöhung wirkt nicht chemisch (S. 1025.).

76) Stoffe, die von übersiedend heifsen Gewässern aufgelöst werden, können sich aus aufsteigenden Quellen absetzen (S. 1027.).

77) Die Wirkung des Drucks beschränkt sich nur auf eine Aenderung des Aggregatzustandes (S. 1030.).

78) Vorkommen des körnigen Kalks (S. 1032.).

79) Kalkspath enthält keine Silicate (S. 1033.).

80) Warum sich aus unreinem Kalkstein kein Kalkspath an Ort und Stelle bilden kann (S. 1034.).

81) Wahrscheinlicher Ursprung des körnigen Kalks bei *Auerbach* (S. 1035.).

82) Die Mineralien im körnigen Kalk sind keine plutonischen Bildungen (S. 1037.).

83) Hall's Versuche (S. 1038.).

84) Kohlensaurer Kalk kann sich auf nassem und auf feuerflüssigem Wege krystallinisch ausbilden (S. 1039.).

85) Umwandlung des Arragonit in Kalkspath (S. 1039.).

86) Arragonit von heifsen Quellen abgesetzt (S. 1040.). in Stalactiten (S. 1042.).

87) Kalte Quellen setzen auch Arragonit ab (S. 1044.).

88) Körniger Kalk in Dornsteinen (S. 1046.). Gegenwart von Eisenoxydhydrat hindert dessen Bildung (S. 1048.).

89) Geringer Gehalt von löslichen Salzen in Dornsteinen (S. 1049.).

90) Eisenoxyd- und Magnesiasilicat in Soolen (S. 1050.).

91) Gewässer, welche Carbonate absetzen, können auch Silicate absetzen (S. 1051.).

92) Bildung des Strahlgyps durch Juxtaposition (S. 1054.) und ebenso der fufsgrofsen Quarz- und Feldspathkrystalle (S. 1055.).

93) Jede Bildung in Drusen ist ein Infiltrationsproduct (S. 1057.).

94) Inniger Zusammenhang des Schalsteins mit Grünstein, mit dem Uebergangsgebirge und mit Eisenstein (S. 1060.).

95) Der Grünstein keine plutonische Bildung (S. 1064. 1066. 1068.).

96) Steile Kegel konnten sich nicht aus feuerflüssigen Massen bilden (S. 1065.)

97) Uebergangskalkstein im Contact mit Grünstein zeigt sich unverändert (S. 1067.).

98) Grünstein-Parthien im Uebergangskalke (S. 1068.).

99) Analysen von Schalsteinen (S. 1069.).

100) Thonschiefer und Grünstein wandeln sich in Schalstein um (S. 1071.).

101) Thonschiefer im Uebergangshalk (S. 1072.).

102) Ein grünsteinartiges Gestein mit Kalkspath-Mandeln und Barytspath-Adern (S. 1073.).

103) Dachschiefer mit kohlensaurem Kalke (S. 1074.), deren Zusammensetzung (S. 1075.).

104) Frische, halb und ganz zersetzte Labradore (S. 1077.). Deren Zusammensetzung (S. 1079.). Vergleichung mit anderen Labradoren (S. 1080.).

105) Der Zersetzungsprocefs dieser Labradore entspricht dem allgemeinen Gesetze in der Zersetzung kalksilicathaltiger Mineralien (S. 1080.). Die Kalkerde tritt bis zum gänz-

lichen Verschwinden aus der Mischung und die alkalischen Silicate widerstehen der Zersetzung länger als die Kalksilicate (S. 1081.).

106) Aus dem frischen Aussehen eines Minerals ist nie auf völlige Unzersetztheit zu schliefsen (S. 1081.).

107) Die Zersetzung des Labradors erfolgt nicht, wie die des Orthoklas (S. 1082.).

108) Der Labrador im Grünstein ist keine plutonische Bildung (S. 1082.).

109) Der Labrador der Grünsteine liefert beträchtliche Mengen kohlensauren Kalk zur Umwandlung in Speckstein (S. 1082.).

110) Analyse eines röthlichbraunen Uebergangskalks (S. 1083.), dessen Umwandlung in quarzhaltigen Rotheisenstein (S. 1084.).

111) Analyse eines bläulichgrauen Uebergangskalks mit Thonschiefermasse (S. 1085.). Dessen Uebergang in Eisenstein (S. 1086.).

112) Grofsartige Ortsveränderungen durch Fortführen von kohlensaurem Kalk (S. 10S7.).

113) Die krystallinischen Massengesteine sollen bei ihrem Empordringen nicht durch Wärme allein, sondern zugleich durch etwas Wasser flüssig gewesen sein (S. 1088.).

114) Dafs Gänge alle sedimentäre Formationen durchsetzen ist noch nicht erwiesen (S. 1091.).

# Kap. XV.

## Dolomit.

Kein Gestein hat die Aufmerksamkeit der Naturforscher mehr in Anspruch genommen, als der Dolomit. Seine reine und krystallinische Beschaffenheit einer Seits, seine manchmal deutliche Schichtung, und die nicht seltene Gegenwart von Versteinerungen anderer Seits erschienen als Verhältnisse, welche sich nicht mit einander vereinigen lassen. Das Interesse steigerte sich ganz besonders durch L. v. Buch's vortreffliche und sorgfältige Untersuchungen des Vorkommens des Dolomit und seiner Lagerungsverhältnisse zu anderen Gesteinen, und durch die darauf gegründete eigenthümliche Hypothese seiner Entstehung aus Kalkstein durch eine Metamorphose *). Diese Hypothese fand Beifall und Widerspruch. Sie fällt in eine Zeit (1822), wo Chemie und Physik fast noch gar nicht in geologische Forschungen eingegriffen hatten, wo mithin den Geognosten fast jede Basis zu Erklärungen genetischer Verhältnisse fehlte, und ihnen defshalb ein weiterer Spielraum für ihre Erklärungen bleiben musste, als ihnen jetzt noch gestattet werden kann. (B. II. S. 279. 767 ff.) Da wir uns in diesem Werke an mehreren Stellen über plutonische Metamorphosen in ihren verschiedensten Formen ausgesprochen und den Stab über sie gebrochen haben: so werden ohne Zweifel unsere Leser wünschen, dafs wir auf eine weitere Kritik solcher Metamorphosen verzichten. Wir können jedoch nicht umhin, bei Beurtheilung einiger neuerer Arbeiten über Dolomitisirung, in denen Thatsachen mit Speculationen innigst

*) Die Idee einer Metamorphose sprachen übrigens schon Arduino und Heim aus. Ueber das Geschichtliche in Naumann's Lehrb. d. Geognosie B. I. S. 799 ff.

verwebt sind, auf das Unzulängliche aller pyrochemischen Vorstellungen abermals zurück zu kommen.

Für die neuere Geschichte der Geologie ist der Dolomit von Bedeutung. Träte er stets als massiges, versteinerungsleeres Gestein auf: so würde man wahrscheinlich keinen Anstand genommen haben, ihn, wie den ihm so ähnlichen körnigen Kalk *), für eruptiv zu halten. Andeutungen solcher Art finden sich allerdings hier und da. Die Vorstellung, dafs er ein umgewandeltes Gestein sei, fand aber immer mehr Eingang, und da selbst solche Geologen, welche sonst plutonischen Ansichten vollen Beifall schenken, sich von der Unmöglichkeit überzeugten, dieselben auf die Umwandlung des Kalksteins in Dolomit anzuwenden: so griffen auch diese nach dem nassen Wege, freilich mit etwas Hitze und Druck, gleichsam zur Versöhnung mit den Plutonisten von reinstem Feuer. Wir möchten aber die Frage an diese Geologen richten, ob sie wohl den Kalkstein für das einzige Gestein halten, welches einer Umwandlung durch, Carbonate und andere Salze haltende Gewässer fähig ist? —

Dafs der Dolomit theils geschichtet, theils ungeschichtet erscheint, ist von Wichtigkeit, weil die Schichtung den sedimentären Ursprung nachweist, und weil deren Mangel, bei Gegenwart von organischen Ueberresten, zeigt, dafs sie durch Umwandlungsprocesse verloren gehen kann. Sind daher Gründe zur Annahme vorhanden, dafs irgend ein massiges Gestein aus einem geschichteten hervorgegangen ist: so kann die fehlende Schichtung nicht als Einwurf gegen einen solchen Ursprung gelten. Die so häufige Verkieselung des Nebengesteins der Gänge durch kieselsäurehaltige Gewässer zeigt gleichfalls, wie damit alle früheren Textur-Verhältnisse verschwinden.

Es würde von Interesse sein, geschichtete und ungeschichtete Dolomite einer vergleichenden chemischen Analyse zu unterwerfen. Ist es der Umwandlungsprocefs, wodurch die Schichtung nach und nach verloren geht: so ist zu erwarten, dafs da, wo jener sein Ende erreicht hat, diese ganz verschwunden ist. Unter diesen Voraussetzungen würde

*) Viele sogenannte Urkalksteine sind wirkliche Dolomite.

sich aber wahrscheinlich die Zusammensetzung des ungeschichteten Dolomit dem Verhältnisse gleicher Aequivalente (S. 2003. I) und der geschichtete den Verhältnissen ungleicher Aequivalente von Kalkerde- und Magnesiacarbonat (S. 2003 u. 2004 II und III) nähern.

„Man sieht sich überrascht", sagt Leop. v. Buch bei Beschreibung des Berges *Santa Agatha* bei *Trento* *), „von der ausserordentlichen Zerspaltung und Zerklüftung desselben **). Und mehr noch ist diefs der Fall, wenn man die Oberfläche dieser Spaltungen untersucht. Ueberall zeigt sie sich bedeckt mit kleinen Rhomboëdern, wovon bald die Flächen, bald die Kanten oder Ecken sichtbar sind. Wenn die Spalten weiter aus einander treten: so erscheinen die Rhomboëder deutlicher, und wenn zwei solcher Spalten einander durchkreuzen: so verbinden sich die Rhomboëder und bilden eine kleine Masse wahren Dolomits mit allen seinen Kennzeichen, so wie die Kolosse von *Fassa* sie darstellen. Man begreift leicht, dafs ein, auf solche Weise zerklüfteter und zertrümmerter Berg jeden Anschein von Schichtung verlieren mufs; man begreift, dafs Tausende von Wegen der Magnesia offen stehen, um einzudringen und sich mit dem Kalksteine zu verbinden; man

---

*) Ann. de chim. et phys. T. XXIII. P. 296 ff. und Geognost. Briefe von L. v. Buch, herausgegeben von v. Leonhard. 1824. S. 82.

**) Bei Beschreibung des Dolomit von *Eichstädt* macht L. v. Buch (a. zuletzt a. O. S. 16) auf die Verschiedenheit zwischen der körnigen Textur des Dolomit und des körnigen Kalks aufmerksam. Im Dolomit berühren sich die kleinen Krystalle, aus denen die Masse besteht, nur an wenigen Stellen und lassen unter sich dem Auge wohl bemerkbare leere Räume. Im körnigen Kalke hingegen giebt es keine Räume dieser Art; jedes Korn verbindet sich genau mit dem Korn, das es berührt.

Wir können nicht begreifen, wie sich ein Sediment von so poröser Beschaffenheit hätte bilden können, wohl aber, wie dieselbe durch Entziehung von Bestandtheilen nach und nach entstehen mufste.

Auch der von v. Buch berührte Umstand, dafs sich die Höhlen bei *Muggendorf* etc. im Dolomit befinden, und dafs dieselben den Dolomiten überhaupt mehr eigenthümlich sind, als den Kalksteinen, zeigt die Fortführung von Bestandtheilen in grofsem Maafsstabe.

begreift leicht, dafs nach und nach eine ganze Masse sich zu Rhomboëdern umwandeln mufs; man begreift selbst, warum dieselben sich nur an wenigen Stellen berühren. Ihre Bildung mufs aufhören, so wie die Kalkmasse ihnen fehlt. Und so geschieht es, dafs die Lagen dichten Kalkes, mit Muscheln erfüllt, sich umwandeln können zu einer gleichmäfsigen, weifsen, körnigen Masse, ohne Spuren organischer Wesen und ohne irgend eine wagrechte Absonderung. Ein Ueberbleibsel von rother Farbe, welches man an mehreren Stücken auf *Santa Agatha* entdeckt, läfst muthmafsen, dafs das Gestein, welches in Dolomit umgewandelt worden, derselbe sehr dünn geschichtete, rothe Kalkstein mit Ammoniten ist, der den gröfsten Theil der Abhänge des Thales von *Trento* ausmacht. Man überzeugt sich davon, wenn man den Berg umgeht über *Pante* gegen *Oltre Castello*. Man sieht seine Schichten in unermefslichen Platten, und ohne irgend eine erlittene Aenderung, die Rückseite des Berges *Santa-Agatha* bilden. Diese Schichten durchsetzen den ganzen Berg, so dafs v. Buch überzeugt ist, dafs man mit einiger Mühe solche finden könnte, die in ihrem nordwestlichen Ende alle Merkmale der untern Kalkformation zeigten, während das entgegengesetzte Ende in dem Zersetzungszustande sich befände, welcher wahrscheinlich der Entstehung der Dolomite vorangeht. Diese Beobachtung wiederholt sich so ziemlich mit denselben Umständen auf der grofsen Strafse von *Cevizzano* nach *Trento*, am Ausgange jenes Ortes.“

Rammelsberg *) bemerkt, wie zwar die verschiedenen Carbonate im Bitterspath und Dolomit in sehr ungleicher Menge vorhanden sein können, die reinsten Abänderungen jedoch nur Kalkerde und Magnesia in Verhältnissen enthalten, die sich stets gewissen einfachen Proportionen nähern.

Dafs der Bitterspath in ausgebildeten Krystallen eine chemische Verbindung aus Kalk- und Magnesiacarbonat ist, kann nicht bezweifelt werden. Gleichwohl finden wir beide Carbonate in krystallisirten Bitterspathen von verschiedenem Vorkommen in sehr verschiedenen Verhältnissen. Es ist daher nicht nöthig, dafs sich beide Carbonate nach bestimmten

*) Handwörterbuch Abth. I. S. 96.

Atomverhältnissen verbinden, um eine selbstständige krystallisirte Verbindung hervorzubringen. Da beide Basen isomorph sind: so können sie sich innerhalb gewisser Grenzen in sehr verschiedenen Verhältnissen vereinigen, und doch denselben krystallisirten Körper darstellen. Ueberdiefs kommen in manchen Bitterspathen kohlensaures Eisenoxydul und kohlensaures Manganoxydul als Vertreter der kohlensauren Magnesia hinzu, in welchem Falle noch weniger bestimmte Atomverhältnisse zu erwarten sind. Nichts desto weniger weisen die Analysen der Bitterspathe und Dolomite nach, dafs sich die Verhältnisse der kohlensauren Kalkerde und der kohlensauren Magnesia um so mehr dem Verhältnisse gleicher Aequivalente nähern, je weniger andere Carbonate und Bestandtheile vorhanden sind. Dem gemäfs würden sich wahrscheinlich beide Carbonate stets in diesem Verhältnisse mit einander zu Bitterspath oder Dolomit verbinden, wenn nicht gleichzeitig andere Carbonate vorhanden wären.

Rammelsberg stellt folgende drei Atomverhältnisse, denen sich die Bitterspathe und Dolomite mehr oder weniger nähern, auf:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| I | Kohlensaure Kalkerde | 1 At. | = | 54, 18 |
| | „ Magnesia | 1 „ | = | 45, 82 |
| | | | | 100, 00 |

Hierher gehören: 1) der Bitterspath vom *Zillerthal*, von *Jena*, von *Orenburg* und von mehreren anderen Fundorten; 2) der Dolomit von *la Spezzia*, von *Scheidama*, von den Bergen von *Ollioules* und *Cette* in *Frankreich*, von der Südküste der Insel *Capri*, vom *Valle di Sambuco*, von *Minuri*, aus dem Kirchspiele *Vaage* in *Norwegen*, vom *Altenberg* bei *Aachen* (dichter Dolomit) und 36 unter 96 von Karsten*) analysirte Dolomite; 3) der sogenannte Rauchkalk in der Gegend von *Ilfeld*, von *Suhl* und aus der Zechsteinformation zwischen *Beyenrode* und der *Mommel* am *Thüringer Walde*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| II | Kohlensaure Kalkerde | 3 At. | = | 63, 95 |
| | „ Magnesia | 2 „ | = | 36, 05 |
| | | | | 100, 00 |

*) Dessen Archiv. Bd. XVII. S. 57 ff.

Hierher gehören: 1) der Bitterspath von *Kolozoruk*, von *Glücksbrunn* (stänglicher) eine Varietät aus dem *Zillerthal* u. s. w.; 2) der Dolomit von *Liebenstein*, von der Küste zwischen *Vico* und *Sorrento*; 3) 4 unter den 96 von Karsten analysirten Dolomiten.

| | | | |
|---|---|---|---|
| III Kohlensaure Kalkerde | 2 At. | = | 70, 28 |
| „ „ Magnesia | 1 „ | = | 29, 72 |
| | | | 100, 00 |

Hierher gehören: 1) der krystallisirte Bitterspath von *Hall* in *Tyrol* und vom *Taberg* in *Wärmland*; 2) der amorphe Gurhofian.

Man sieht, dafs in diesen drei und in den ihnen sich nähernden Mischungsverhältnissen Bitterspathe krystallisiren können, dafs aber eigentlicher Dolomit vorzugsweise die Zusammensetzung I, selten die von II und gar nicht die von III zu haben scheint.

Karsten zieht aus seinen vielen, sehr dankenswerthen Analysen von Dolomiten das Resultat, dafs in den krystallisirten stets 1 At. kohlensaurer Kalk mit 1 At. eines anderen Carbonats verbunden ist. Dieses Carbonat ist bald kohlensaure Magnesia allein, bald mit kohlensaurem Eisen- oder Manganoxydul, bald mit beiden gemischt. Einige Dolomite aus *Oberschlesien* nähern sich der Zusammensetzung aus 3 At. kohlensaurer Kalkerde, 2 At. kohlensaurer Magnesia und 1 At. kohlensaurem Eisenoxydul. Diefs scheint aber das Maximum dieses Carbonats zu sein, welches eine correspondirende Menge von kohlensaurer Magnesia im Dolomit vertritt. Bei nicht krystallisirten Dolomiten sind unzählige Verhältnisse zwischen Kalkerde und Magnesia möglich und kommen auch wirklich vor. Aber diese sind blofs Gemenge aus Dolomit und kohlensaurem Kalk.

Aus allen Analysen ergiebt sich, dafs in den Dolomiten, deren Zusammensetzung sich der von (I) nur nähert, die kohlensaure Magnesia nie mehr, sondern stets weniger als 45, 82 Proc. beträgt, dafs dagegen die kohlensaure Kalkerde 54, 18 Proc. immer übersteigt.

Dolomite brausen merklich mit Säuren erst dann, wenn sie gepülvert mit Säuren digerirt werden. Diefs zeigt, dafs

sie wirkliche Doppelsalze sind; denn wären sie blofs Gemenge aus kohlensaurer Kalkerde und kohlensaurer Magnesia: so müfsten sie schon in der Kälte und in derben Stücken mit Säuren brausen, da wenigstens erstere für sich unter diesen Umständen braust *). Dolomitische Mergel und Kalksteine brausen mit Säuren meist schon in grösseren Stücken. Karsten **) fand, dafs aus ihnen verdünnte Essigsäure bei einer Temperatur unter Null nur kohlensauren Kalk auszieht, und eine dolomitische Masse gröfstentheils zurückbleibt. Daher hält er sie für Verbindungen (Gemenge) aus Dolomit und unverändertem kohlensauren Kalk. So verhielten sich namentlich mehrere Kalksteine aus der Zechstein- und Muschelkalk-Formation. Nach ihm soll diefs die Bildungsart des Dolomit durch einen Cementationsprocefs bestätigen.

Sind alle diese Kalksteine durch Magnesiumdämpfe, welche Calciumdämpfe ausgestofsen haben, umgewandelt worden? — Sind auch alle Bitterspathe in Gängen und Drusenräumen aus solchen Magnesiumdämpfen entstanden? — Consequenter Weise wird Karsten diefs annehmen, da nach ihm „eine Theorie, welche das Wasser bei der Dolomitbildung (mithin doch auch bei der Bitterspathbildung) zu Hülfe nimmt, als unstatthaft zurückgewiesen werden muss; denn das Wasser vereinigt nicht, sondern es trennt die beiden kohlensauren Erden, aus deren chemischer Vereinigung der Dolomit hervorgegangen war.“ Wir haben hierüber kein Wort mehr zu

*) Der Bitterspath verhält sich wie der Dolomit; denn er fordert ein, mehrere Tage fortgesetztes anhaltendes Sieden mit Salzsäure zur Auflösung, während sich der Magnesit äufserst leicht und mit heftigem Aufbrausen auflöst. Karsten a. a. O. S. 58. Klaproth und Walmstedt geben an, dafs sich der Magnesit nur in heifser Säure auflöst. Nach Berzelius kann er selbst gepülvert mit warmer concentrirter Salzsäure behandelt werden, ohne dafs eine bemerkenswerthe Entwicklung von Kohlensäuregas stattfindet. Dagegen haben ihn Stromeyer und Henry schon in der Kälte in Säuren aufgelöst. In Beziehung auf die Zersetzung des Magnesit durch Säuren scheinen daher verschiedene Verhältnisse statt zu finden, deren Ursachen durch weitere Versuche zu ermitteln sind.

**) Archiv f. Min. etc. B. XXII. S. 572.

verlieren. Wer an eine Umwandlung des Kalksteins in Dolomit durch Magnesiumdämpfe noch im J. 1848 glaubt, dessen Glaube ist unerschütterlich *).

Forchhammer **) fand gleichfalls durch Behandlung mit Essigsäure, dafs der dichte Dolomit ein wirkliches Doppelsalz von gleichen Aequivalenten kohlensaurer Kalkerde und kohlensaurer Magnesia, gemengt mit reiner oder fast reiner kohlensaurer Kalkerde ist. Einfache Aequivalenten-Verhältnisse fand er nur bei den körnig-krystallinischen Varietäten. Der aufgelöste Theil bestand aus 97, 13 Proc. kohlensaurem Kalk und 2, 87 kohlensaurer Magnesia, der Rückstand aus 58, 38 kohlensaurem Kalk und 41, 42 kohlensaurer Magnesia; also doch nicht sehr nahe aus gleichen Aequivalenten.

Haidinger, von der häufigen Begleitung des Dolomit von Gyps ausgehend ***), hatte schon früher vermuthet, dafs die Magnesia dem Kalksteine als Bittersalz zugeführt, und durch gegenseitige Zersetzung Gyps und kohlensaure Magnesia gebildet worden sei. Bei gänzlicher Abwesenheit aller Spuren plutonischer Einflüsse sei in den von ihm beobachteten Fällen der Vermittler jener Molecularbewegungen das Wasser gewesen, in welchem das Bittersalz leicht- und der Gyps schwerlöslich ist. Da aber die Chemie gerade die entgegengesetzte Zersetzung zeigt, indem eine Gypslösung, lange genug durch gepülverten Dolomit filtrirend, diesen in reinen kohlensauren Kalk unter Ausscheidung von Bittersalz zerlegt: so vermuthete Haidinger, dafs die mit zunehmender Erd-

---

*) Nach Despretz (Comptes rendus 1849 Juli No. 3) wird harte compacte Magnesia durch eine kräftige Bunsen'sche Batterie teigig; erst durch die vereinigte Wirkung derselben und eines Brennglases verflüchtigte sie sich mit weifsem Rauche.

Wer wird sich vorstellen können, dafs solche Hitzgrade im Innern unserer Erde stattfinden? Wäre eine solche Vorstellung zuläfsig: so würde es kaum eine Hypothese geben, die nicht zuläfsig wäre.

**) Journ. f. pract. Chem. B. XLIX S. 52.

***) Poggend. Ann. B. LXXIV. S. 591 (1848) u. n. Jahrb. f. Min. 1847. S. 862. Dafs die Umwandlung des Kalksteins in Dolomit mit der Gypsbildung zusammenhänge, wurde schon von L. v. Buch, Collegno und v. Alberti hervorgehoben.

tiefe und unter gröfserem Drucke erhöhte Temperatur die Verhältnisse umkehren möge. Er schätzte die dazu erforderliche Erdwärme auf höchstens 160° R., was einem Drucke von 15 Atmosphären entspricht. v. Morlot fand nun wirklich, dafs ein Gemeng von 1 At. krystallisirtem Bittersalz und 2 At. gepulvertem kohlensauren Kalk, in einer zugeschlossenen Glasröhre eingeschlossen, bei der genannten Temperatur sich so vollständig in ein Doppelsalz von kohlensaurem Kalke und kohlensaurer Magnesia und in Gyps zersetzt, dafs keine Spur von Bittersalz übrig bleibt *).

In einem, ungefähr 17600 Fufs tiefen Meere würde auf dem Grunde eine Temperatur von 160° herrschen, wenn nicht nach bekannten Gesetzen die Temperatur des Meerwassers mit der Tiefe abnähme und endlich bis zu — 2° R. herabkäme **). Auf einem so kalten Meeresboden könnte daher die genannte Zersetzung nicht und mithin keine Dolomitbildung erfolgen. Es bliebe blofs die Annahme übrig, dafs die Zersetzung in gleicher Tiefe in der festen Erdkruste statt gefunden habe. Die Möglichkeit, dafs die hoch anstrebenden Dolomite *Tyrol's* einstens 17600 Fufs tief unter der Erdkruste gesteckt hätten, wollen wir zwar, da wir nicht wissen können, was von der ehemaligen Oberfläche noch übrig ist, nicht geradezu in Abrede stellen; allein eine Schicht von solcher Dicke, und dazu noch, wie z. B. beim *Langkofel*, die beinahe 4000 Fufs hohe steile Erhebung über die dermalige Oberfläche ist ein Klotz, den man, einer Hypothese zu Liebe, nicht wohl weggeführt sich denken kann.

---

*) Im Aufsatze Morlot's im n. Jahrb. f. Min. 1847. S. 862, der einem früheren Berichte naturwissenschaftlicher Abhandlungen entnommen worden, heifst es, dafs nicht ermittelt werden konnte, ob sich die kohlensaure Magnesia mit dem kohlensauren Kalke zu Dolomit verbunden habe, da keine Krystallisation erfolgt war. Uebrigens stellte Morlot das Experiment nicht ganz so an, wie es hätte angestellt werden müssen, um Haidinger's Vermuthung vollständig zu constatiren; denn er setzte den beiden Salzen kein Wasser zu. Da er aber krystallisirtes Bittersalz nahm, welches 51 Proc. Krystallwasser enthält: so ersetzte dieses in Dampf verwandelte Wasser die Wirkung des liquiden Wassers.

**) Meine Wärmelehre u. s. w. S. 152.

Ein Dolomit von der Zusammensetzung aus gleichen Aequivalenten würde, durch Zersetzung des kohlensauren Kalks mittelst Bittersalz entstanden, 62 Proc. seiner Masse Gyps geliefert haben. Solche bedeutende Massen Gyps müfsten überall in der Nähe der Dolomite nachzuweisen sein, wenn diese auf solche Weise entstanden wären. Diefs ist aber keineswegs der Fall.

Wir können demnach nicht mit v. Morlot übereinstimmen „dafs durch seine glänzende Bestätigung (d. h. durch sein Experiment) Haidinger's tiefer Voraussage dieser das letzte Glied der Inductionskette geschlossen und dadurch die endliche Lösung des grofsen Problems vollbracht habe." —

Die Efflorescenzen von Bittersalz in den vielen Gypsbrüchen der östlichen Alpen, z. B. zu *Füllenberg* bei *Heiligenkreuz* unweit *Baden*, zu *Weidmannsfeld* östlich von *Bernitz*, und die Bildung des Kalkspaths in Drusen, sucht Haidinger *) aus der Zersetzung des Dolomit durch Gyps in Bittersalz und kohlensauren Kalk zu erklären.

An vorstehende Untersuchungen schliefsen sich die von A. Favre und Marignac **) an. Letzterer fand, dafs beim Erhitzen des kohlensauren Kalks mit einer Lösung von schwefelsaurer Magnesia oder von Chlormagnesium, 6 Stunden lang in einer verschlossenen Glasröhre, unter einem Drucke von 15 Atmosphären ***) und bei einer Temperatur von 160° R., ein Theil des kohlensauren Kalks durch das Magnesiasalz in kohlensaure Magnesia und schwefelsauren Kalk oder Chlorcalcium zersetzt, und sonach ein Doppelcarbonat aus 48 Proc. kohlensaurem Kalke und 52 Proc. kohlensaurer Magnesia, d. i. ein Dolomit gebildet wird, der mehr Magnesia, als der wahre Dolomit enthält. Als Marignac die Glasröhre nur 2 Stunden lang erhitzte, bildete sich ein an Magnesia armer Dolomit; es ist also eine gewisse Zeit zur gegenseitigen Zersetzung erforderlich. Diefs soll die Ursache sein, warum

*) Poggend. Ann. B. LXII. S. 310.

**) N. Jahrb. f. Min. 1849. S. 742.

***) Dafs bei diesem, wie bei Morlot's Versuche der Druck als solcher nicht wesentlich ist, erscheint nach Bunsen's Versuchen (S. 1025) unzweifelhaft.

im Mineralreiche magnesiahaltige Kalke, wahre Dolomite und solche vorkommen, in denen die Magnesia im Ueberschusse zugegen ist.

Auf vorstehenden Versuch wird folgende Hypothese gegründet. An der Stelle der jetzigen Dolomit-Berge in *Tyrol* mag kohlensaurer Kalk abgelagert gewesen sein: die Polyparien, Enkriniten und Austern in der *Seisseralpe* sprechen dafür. Schwefelsaure Magnesia und Chlormagnesium enthält das Meerwasser. Bei vulkanischen Ausbrüchen entwickeln sich Salzsäure und schweflige Säure, welche auch die des Melaphyrs ohne Zweifel begleitet haben. Diese in das Meerwasser getretenen Säuren haben aus den zugleich ausgeworfenen Gesteinen die Magnesia ausgezogen und Chlormagnesium und schwefligsaure Magnesia gebildet, wovon sich die letztere an der Luft rasch in schwefelsaure Magnesia umgewandelt hat. An der Temperatur von 160° R. und an einem Drucke von 15 Atmosphären in 600 Fufs Meerestiefe hat es nicht gefehlt. Es sind also alle Bedingungen vorhanden gewesen, wie beim künstlichen Experimente, um Dolomit zu bilden. Die zellige und poröse Beschaffenheit des Dolomit, welche nach Elie de Beaumont und Morlot von der Ersetzung der Kalkerde durch die Magnesia herrührt, beweiset, dafs die Felsart seit ihrer Entstehung umgewandelt worden ist, da sie ausserdem dicht sein würde. Denn es giebt an vielen Orten dichte Dolomite, welche sich sogleich als solche gebildet haben. Was aber die Dolomite *Tyrol's* betrifft, deren ungeheure Masse durch und durch zellig ist: so kann man weder annehmen, dafs sie sich in Form von Kalksteinschichten abgesetzt und sich erst später in Dolomite umgewandelt hätten, noch dafs sie sogleich als solche entstanden wären; denn dann müfsten sie dicht sein. Vielmehr scheint es, dafs sich der kohlensaure Kalk sogleich beim Niederschlagen in Pulverform in Dolomit umwandelte, wodurch sich seine Schichtung und seine zellige Beschaffenheit erklären würden u. s. w.

So anerkennenswerth es ist, die Dolomitbildung mit Hülfe chemischer Experimente zu ergründen: so fordert doch nachgerade eine solche chemische Stütze eine besonders strenge Kritik, damit nicht die mit chemischen Verhältnissen weniger Vertrauten zu der Ansicht kommen, dafs die Mög-

lichkeit einer Dolomitbildung auf dem angegebenen Wege nachgewiesen worden sei.

In einer Hypothese mufs von jedem vorausgesetzten Verhältnisse genaue Rechenschaft gegeben, und sein Zusammenhang mit wirklichen Erscheinungen nachgewiesen werden. Die Ursache, wie und wodurch das Meerwasser bis zu 160° R. erhitzt worden ist, werden die Verf. den vulkanischen Ausbrüchen des Melaphyrs zuschreiben. Wir wollen hierüber mit ihnen nicht rechten; denn wir würden sonst leicht den Vorwurf auf uns laden, dafs wir selbst, vor einem Vierteljahrhundert, die Wärme der Thermen *Carlsbad's* einer im Quellenheerde vorhandenen, halbgeschmolzenen Basaltmasse zuzuschreiben versucht haben *). Aber gerade die Versuche, worauf unsere Rechnung gegründet worden, die Ermittelung der Gröfse dieser supponirten Basaltmasse, setzen uns in den Stand, die Masse des Meeres zu schätzen, welche durch eine gegebene Masse halbgeschmolzenen Melaphyrs bis zu einem gewissen Grade erhitzt werden würde. Es würden nämlich 9 Pfd. halbgeschmolzener Melaphyr, 14 Pfd. Wasser, mithin 1 Volumen Melaphyr nahe 5 Vol. Wasser bis 120° R. erhitzen. Eine Temperatur von 120° ist aber das Mittel in einer Meeressäule, welche unten unter dem Drucke dieser Säule 160°, oben unter dem einfachen Luftdrucke aber 80° R. heifs wäre. Dieser Umstand, dafs eine Wassersäule von gewisser Höhe, welche unten eine, 80° R. übersteigende Temperatur hat, oben 80° R. haben mufs, scheint den Verf. entgangen zu sein; sonst würden sie nicht in einem siedend heifsen Meere Muscheln und Korallen haben leben lassen. Wasser, in der Tiefe des Meeres durch irgend eine Ursache erhitzt, kann durch Druck nicht gebannt werden, dafs es nicht aufsteigen und die Hitze, wie in einem Theekessel, nach oben bringen müfste. Im Gegentheil, alle Seethiere hätten sterben und in den sich bildenden Dolomitschichten begraben werden müssen.

Das *Mittelländische Meer*, welches am reichsten an Magnesiasalzen ist, enthält 0, 525 Proc. Chlormagnesium und 0,625 Proc. schwefelsaure Magnesia. Durch Zersetzung

*) Die vulkanischen Mineralquellen etc. 1826 S. 150.

dieser Magnesiasalze mittelst kohlensaurer Kalkerde werden 0,907 Proc. oder, dem Volumen nach, 0,302 Proc. kohlensaurer Magnesia erhalten, und diese liefern 0,58 Proc. Dolomit. Wenn daher die ganze Menge Magnesia im Meerwasser zur Bildung von Dolomit verwendet würde: so würden 100 Cubikfufs Meerwasser doch nur 0,58 C. F. Dolomit liefern und zur Erhitzung dieser Menge Meerwassers würden, nach dem Obigen, 20 C. F. halbgeschmolzener Melaphyr erforderlich sein. Die Durchschnitte in v. Buch's Abhandlung *) zeigen allerdings, dafs die Melaphyre die Dolomite, der Masse nach, bei weitem übertreffen; ob aber jene 34 Mal so viel, wie diese betragen, wie es die Rechnung fordert, erscheint zweifelhaft.

Die Verf. nehmen freilich die Magnesia zu Hülfe, welche die Salzsäure und die schweflige Säure aus den zugleich ausgeworfenen Gesteinen ausgezogen hat. Diefs ist aber ein sehr fauler Fleck ihrer Hypothese. Die Säuren würden nicht blofs Magnesia, sondern auch andere Bestandtheile der ausgeworfenen Gesteine, Kalk, Eisenoxyd u. s. w. ausgezogen, und unter andern Eisenchlorid und schwefligsaures Eisenoxyd gebildet haben, welche durch kohlensauren Kalk zersetzt worden wären. Bedeutende Quantitäten Eisenoxydhydrat würden sich demnach dem Dolomit beigemengt haben. Die Dolomite enthalten aber entweder gar kein oder doch nur sehr geringe Mengen Eisen. Endlich hätte sich auch Gyps dem Dolomit beimengen müssen; denn die Umwandlung der schwefelsauren Magnesia würde 0,705 Proc. schwefelsauren Kalk geliefert haben, wodurch die ganze Menge dieses Salzes im Meerwasser auf 0,72 Proc. gestiegen wäre, wovon sich ungefähr 0,5 Proc. hätten niederschlagen müssen.

Wir bedauern, dafs wir so viele Zeilen einer gänzlich unhaltbaren Hypothese widmen mufsten. Dafs die aus den angestellten Experimenten gezogenen Folgerungen nicht im Einklange stehen mit den Verhältnissen, welche die Dolomitbildung bedingt haben sollen, werden unsere Bemerkungen genügend gezeigt haben.

---

*) Ann. de chim. et de phys. T. XXIII. Taf. 3.

Forchhammer *) glaubt, dafs die Quellen ganz vorzugsweise da kohlensaure Magnesia absetzten, wo ihr kohlensaurer Kalk die Magnesiasalze des Meerwassers zersetzte. Nach seinen Versuchen schlägt sich in solchem Falle immer kohlensaurer Kalk mit kohlensaurer Magnesia nieder. Wird Wasser, nur kohlensauren Kalk haltend, zu siedendem Meerwasser gesetzt: so enthält der sich bildende Niederschlag 12,23 Proc. kohlensaure Magnesia und 87,77 kohlensauren Kalk. Mit der Steigerung der Temperatur scheint auch der Gehalt an Magnesia zu wachsen, und höhere Temperaturverhältnisse mögen bei der Bildung wirklicher, an Magnesia so reicher Dolomite, wie sie in der Natur vorkommen, vorhanden gewesen sein. Enthält das Wasser, ausser der Kalkerde, auch kohlensaures Natron: so schlägt sich eine viel gröfsere Menge kohlensaure Magnesia nieder (in einem Versuche bis 27,93 Proc.).

Forchhammer sucht also die Bildung des Dolomit nicht aus einer Umwandlung des Kalksteins, sondern aus einer Zersetzung von Quellwasser durch Meerwasser zu erklären. Da seine Hypothese gleichfalls siedendes Wasser fordert, da es nur eine Vermuthung ist, dafs mit gesteigerter Temperatur der Magnesia-Niederschlag zunimmt, da er niemals Niederschläge erhielt, die so reich an Magnesia waren, als die, welche nicht selten in der Natur vorkommen: so mufs mit Bezugnahme auf unsere obigen Bemerkungen diese Hypothese, wie jede, welche siedendes oder gar übersiedendes Meer fordert, von vorn herein für unzulässig erklärt werden. Man wird doch nicht etwa annehmen wollen, dafs die manchmal im Dolomit vorkommenden Versteinerungen durch diese Siedhitze getödtet worden seien? —

Grandjean **) sucht die Bildung der *Nassauer* Dolomite aus magnesiareichem schwarzen Uebergangskalke dadurch zu erklären, dafs die Gewässer aus demselben den überschüssigen kohlensauren Kalk fortgeführt haben. Wir kommen darauf weiter unten zurück.

An Vorstehendes knüpfen sich einige interessante Beob-

---

*) A. a. O.

**) N. Jahrb. f. Min. etc. 1844 S. 543 ff.

achtungen und Bemerkungen Nauck's in seiner lehrreichen Abhandlung über den Speckstein von Göpfersgrün *).

In den Drusenräumen der dasigen meist sehr zerklüfteten Dolomite finden sich, ausser den Bitterspathkrystallen, häufig Quarzdrusen. Hat die Kieselsäure dieser Quarzbildungen gleichen Ursprung mit den Bitterspathkrystallen: so wird dem Dolomit Kieselsäure durch die Gewässer entzogen. Diefs ist in Uebereinstimmung mit seinem seltenen und nur sehr geringen Gehalte an Kieselsäure, während die Kalksteine, von denen man annehmen kann, dafs aus ihnen Dolomit hervorgegangen ist, häufiger und in gröfseren Mengen Kieselsäure enthalten.

Unter den bei Rammelsberg angeführten Analysen von Dolomiten ist, wenn man die schwarzen als besondere Varietäten ausschliefst, nur ein einziger (von *la Spezzia*), welcher Kieselsäure (0,5 Proc.) enthält. Unter den 96 Dolomit-Analysen von Karsten sind 17, welche gleichfalls keine Kieselsäure, und 30, die noch nicht 1 Proc. Silicate enthalten. In nur sehr wenigen Dolomiten steigen die Beimengungen fremder Substanzen bedeutend. So enthält ein Dolomit von ***Minas Geraes*** in ***Brasilien*** 14,2 Proc. Quarz und Glimmer, ein Dolomit aus *Oberschlesien* (No. 57 bei Karsten) 15,8 Thon u. s. w. Bemerkenswerth ist jedoch, dafs die 48 Dolomite aus *Oberschlesien*, in der Gegend von *Tarnowitz*, durchgängig Silicate oder andere Beimengungen enthalten. Da dieselben, blofs mit Ausnahme von 6, kohlensaure Magnesia in, zum Theil bedeutend geringeren Mengen, als das normale Verhältnifs gleicher Aequivalente von Kalk und Magnesiacarbonat fordert, enthalten: so möchte man vermuthen, dafs in ihnen die Dolomitisirung nicht ihr Ende erreicht habe, und dafs defshalb die ursprünglich vorhanden gewesenen Beimengungen noch mehr oder weniger zurückgeblieben seien. In der That enthalten jene 6 Dolomite, in denen sich die Magnesia mehr dem normalen Verhältnisse gleicher Aequivalente nähert, nur sehr wenig Beimengungen.

Vergleicht man mit diesen Analysen von Dolomiten die von Muschelkalksteinen, von denen wir sehr viele besitzen:

---

*) Poggend. Ann. B. LXXV. S. 129 ff.

so ergiebt sich, dafs zwei vom *Teutoburger Walde* 9 bis 10,7 *), vierzehn aus *Franken* 1 bis 6,5 (im Mittel 3,3) **) und einer aus der Gegend von *Saarbrücken* 2,6 Proc. Kieselsäure enthalten ***). Auf der andern Seite fand Abich †) unter sechs Apenninenkalksteinen nur einen einzigen mit Kieselsäuregehalt ††).

Die Pseudomorphosen von Speckstein nach Quarz und Bitterspath zu *Göpfersgrün* deuten an, dafs auch das Magnesiasilicat vom Dolomit herrühre, dem durch die Gewässer zuerst Bitterspath und Kieselsäure, zuletzt Magnesiasilicat entzogen worden wäre. Einige Handstücke im Königl. Mineralien-Cabinet zu *Berlin* „Speckstein auf Dolomit von *Thiersheim*", in der Nähe von *Göpfersgrün*, beweisen, dafs die traubigen Specksteinmassen früher abgesetzt worden sind, als die Bitterspathkrystalle pseudomorphosirt wurden. Die verschiedenen Absätze griffen also in einander ein, welches wahrscheinlich macht, dafs die Gewässer stets dieselben Bestandtheile, wenn auch in veränderlichen Verhältnissen enthielten, je nach den Umständen aber entweder Bitterspath und Quarz, oder diesen und Speckstein absetzten, oder auch dafs das Magnesiasilicat jene verdrängte.

Sehen wir, wie die Gewässer aus Dolomit Kieselsäure und Silicate fortführen: so können die Stoffe, wenn sie dem Kalksteine beigemengt sind, kein Hindernifs seiner Umwandlung in Dolomit sein; denn es ist vorauszusetzen, dafs diese Fortführung schon mit der Umwandlung verknüpft war. Wenn daher die Analyse eines Kalksteins Kieselsäure, die eines

---

*) Brandes im Journ. f. pract. Chem. B. XIX. S. 477.

**) v. Bibra ebend. B. XXVI. S. 8 ff.

***) Schnabel in d. Verh. d. naturhist. Ver. d. preufs. Rheinlande 1848. S. 150.

†) Geolog. Beobachtungen S. IV.

††) Bei künftigen Analysen ist wünschenswerth, dafs nicht blofs die Kieselsäure oder die Silicate der Dolomite, sondern auch die der angrenzenden Kalksteine bestimmt werde. Dann wird sich herausstellen, ob wirklich mit der Umwandlung des kohlensauren Kalks in Dolomit eine Fortführung von Kieselsäure verknüpft war.

benachbarten Dolomit aber keine nachweiset: so kann daraus nicht geschlossen werden, dafs dieser nicht aus jenem hervorgegangen sein könne.

Nauck beschreibt Speckstein-Pseudomorphosen nach Kalkspath. Die Skalenoëder sind ziemlich grofs und mehrfach durch einander gewachsen. Ihr Inneres besteht aus kleinen zusammengehäuften Bitterspath-Rhomboëdern, während die Speckstein-Pseudomorphosen nach Quarz und Bitterspath im Innern structurlos erscheinen. Er hält daher für unzweifelhaft, dafs diese Kalkspath-Formen Pseudomorphosen zweiten Grades sind, indem der Kalk zuerst in Dolomit und diese pseudomorphe Form später in Speckstein umgewandelt worden ist.

Nach ihm ist es ferner sehr wahrscheinlich, dafs die ursprünglichen Kalkspath-Skalenoëder nur auf Spalten oder Klüften des körnigen Kalks, schwerlich auf Dolomit entstanden sind; die *Göpfersgrüner* Gruben zeigen aber nirgends Kalk-, sondern nur Dolomitformen. Wenn nun von den Kalkspath-Skalenoëdern anzunehmen ist, dafs sie in Klüften von Kalkstein entstanden sind und später in Bitterspath verwandelt wurden: so ist mit ziemlicher Gewifsheit zu schliefsen, dafs der in Speckstein umgewandelte Dolomit ebenfalls vorher körniger Kalk gewesen sei. Die übrigen zerklüfteten Dolomite aber, welche dort den körnigen Kalk theilweise ersetzen, sind so übereinstimmend und zeigen mit dem *Göpfersgrüner* Speckstein so gleiche Formen, dafs eine gleiche Entstehung anzunehmen ist.

Gegen diese Schlüsse ist zu bemerken, dafs auch in Klüften und Drusen von Dolomit Kalkspathkrystalle vorkommen (S. 1108 u. unten); mithin ist aus den Speckstein-Pseudomorphosen nach Kalkspath allein nicht zu schliefsen, dafs der dort in Speckstein umgewandelte Dolomit vorher körniger Kalk gewesen sey. Nauck's Ansicht, dafs die Umwandlung des Kalksteins in Dolomit auf nassem Wege durch kohlensaure Magnesia erfolgt sey, ist aber gewifs die wahrscheinlichste. Kieselsaure Magnesia in Gewässern, welche ein Kalklager durchdringen, würde die Bildung von Dolomit dadurch bewirken, dafs die Magnesia, wegen ihrer Neigung Doppelsalze darzustellen, sich von der Kieselsäure trennte,

und sich mit der Kohlensäure im Wasser zu kohlensaurer Magnesia vereinigte.

Da nach B. I. S. 785 Magnesiasilicate im Wasser aufgelöst durch Kohlensäure zersetzt werden: so würde die Zersetzung der kieselsauren Magnesia in kohlensaure Magnesia wohl schon vor dem Eindringen der Gewässer in das Kalklager statt gefunden haben. Dann aber würde die Dolomitbildung durch die schon vorhandene kohlensaure Magnesia erfolgt sein.

Die Möglichkeit einer solchen Dolomitbildung weisen die

### Pseudomorphosen von Bitterspath nach Kalkspath

nach. Hierüber theilen Haidinger *) und Blum **) folgendes mit. Diese Umwandlung geht von aussen nach innen. Zuerst bildet sich eine feine, gelblichweifse, rauhe Rinde auf der Oberfläche der Kalkspathkrystalle, welche fest mit diesen zusammenhängt und gewöhnlich ein Aggregat von kleinen Bitterspath-Rhomboëdern ist. Dieser Ansatz wird dicker, indem er auch von innen zunimmt. Es zeigen sich nur noch im Innern Reste des früheren Kalkspaths, jedoch ohne mit der Rinde zusammen zu hängen, oder die Krystalle sind ganz hohl. Da diese Pseudomorphosen stets mehr oder minder hohl sind: so schliefst Blum, dafs sich nicht aller kohlensaure Kalk mit kohlensaurer Magnesia zu Bitterspath vereinigt habe, sondern dafs ein Theil des ersteren verschwunden sei. Die Krystalle haben sich durch den ersten Ansatz von aussen nur wenig vergröfsert, und bestehen oft nur aus einer dünnen Rinde von Bitterspath, während auch im Innern gewöhnlich nichts davon vorhanden ist, so dafs manchmal mehr als die Hälfte des Kalkspaths verloren gegangen sein möchte. Nehmen wir, bemerkt Blum, auf der andern Seite an, aller Kalkspath sei zur Bildung von Bitterspath verwendet worden: so müfste eine Volumen - Zunahme eingetreten sein. Er hält daher jene Krystalle für Umwandlungs - Pseudomorphosen durch Austausch von Bestandtheilen

---

*) Poggend. Ann. B. XI. S. 384 ff.

**) Die Pseudomorphosen u. s. w. S. 51.

hervorgerufen, so dafs von zwei Atomen Kalkcarbonat ein Atom weg- und ein Atom Magnesiacarbonat zugeführt wurde, um Bitterspath zu bilden *).

Man findet diese Pseudomorphosen fast nur auf Gängen. Da diese besonders dem Zutritte der Gewässer offen sind, welche meist kohlensaure Magnesia enthalten: so hält es Blum für möglich, dafs Wasser, welches diese Substanz enthielt, jene Umwandlung hervorgerufen habe. Es ist keinen Augenblick zu zweifeln, dafs diefs die richtige Erklärung ist. Die halbgebundene Kohlensäure des Magnesiabicarbonats ergreift den kohlensauren Kalk, wandelt ihn in Kalkbicarbonat um, welches die Gewässer fortführen, während die kohlensaure Magnesia an dessen Stelle tritt. Wo die Pseudomorphosen, wie z. B. manchmal zu *Schemnitz*, hohle, aus ganz feiner Bitterspath-Rinde bestehende Krystalle darstellen, welche die frühere Form des Kalkspaths bewahrt haben, während im Innern davon keine Spur mehr vorhanden ist, und die inneren Wände jener Rinde theils glatt, theils mit einigen kleinen Bitterspath-Ansätzen versehen sind, da ist ohne Zweifel der Magnesiagehalt der Gewässer nach und nach verschwunden. Ein Austausch konnte dann nicht mehr stattfinden, sondern die Wirkung der Gewässer beschränkte sich darauf, die kohlensaure Kalkerde aufzulösen und fortzuführen.

Diese Pseudomorphosen gehören keineswegs zu den Seltenheiten. Blum **) führt viele Fundorte auf Erzgängen von *Schemnitz* und *Kremnitz* in *Ungarn*, von *Schlaggenwald*, *Przibram* und *Joachimsthal* in *Böhmen*, im *Erzgebirge*, in *Mexico*, im *Münsterthale* u. s. w. an. Auch in Drusenräumen

*) v. Morlot (Poggend. Ann. B. LXXIV. S. 591) führt eine Rechnung Elie de Beaumont's an, wonach, unter obigen Voraussetzungen, der Kalkstein bei seiner Umwandlung in Dolomit 12,1 Proc. an seinem Volumen verliert. Dadurch veranlafst, bestimmte v. Morlot das wirkliche Verhältnifs, welches zwischen den hohlen Räumen des Dolomit und der ganzen Gesteinmasse statt findet. Er nahm dazu einen Dolomit von ungefähr mittlerer Drusigkeit des Gesteins und fand 12,9 Proc. hohle Räume, also nahe so viel, wie die Rechnung ergiebt.

**) A. a. O. S. 55 a. Nachtrag S. 22.

von doleritischen Conglomeraten in der Gegend von *Breisach* am *Kaiserstuhl*, und in Geoden der Mandelsteine von *Oberstein* finden sie sich. Bemerkenswerth ist, dafs nur wenige Formen des Kalkspaths diese Umwandlung erlitten haben; freilich sind es auch gerade die am häufigsten im Mineralreiche vorkommenden Formen, das Skalenoëder, das stumpfe Rhomboëder und die Verbindung desselben mit der sechsseitigen Säule, welche pseudomorphosirt wurden.

Findet zwischen der Krystallform und der Umwandlungs-Fähigkeit wirklich eine solche Beziehung beim Kalkspath statt, und zeigt sich diese Beziehung auch bei andern Mineralien: so wäre die Erklärung darin zu suchen, dafs dieselbe Substanz, je nach ihrer verschiedenen äufsern Form und innern Structur, ungleich angreifbar durch Auflösungsmittel sei. Sehr leicht zu begreifen ist, wie namentlich gröfsere oder geringere Spaltbarkeit, und Spaltbarkeit nach verschiedenen Richtungen die Umwandlung eines Minerals mehr oder weniger besonders dann begünstigen kann, wenn dieselbe von innen nach aussen erfolgt; denn den Spaltungsflächen folgen die Gewässer.

Nachdem Blum durch seine Bemerkungen über die Umwandlung des Kalkspaths in Bitterspath sich selbst den richtigen Weg zur Erklärung gebahnt hatte, kommt er *) auf die Umwandlung des kohlensauren Kalks in Dolomit, und sagt hierüber: „Mit Bestimmtheit läfst sich über diesen Gegenstand noch nichts sagen; nur das steht fest, dafs der Act der Umwandlung nicht zu läugnen ist. Aber wir können noch weiter gehen, und uns da, wo krystallisirte Mineralien gewissen Umwandlungen unterlagen, in Bezug auf analoge Veränderungen bei nicht krystallisirten Substanzen derselben Art, Schlüsse erlauben. Es ist diefs gerade die Seite, von welcher aus die genaue Kenntnifs der Pseudomorphosen für die Geologie wichtig zu werden verspricht. Was der Natur im Kleinen möglich ist, scheint mir, kann sie auch im Grofsen ausführen, und hat es gewifs oft ausgeführt; allein wir finden hier nicht den Beweis so deutlich vor Augen, wie ihn dort die Form liefert, der aber auch gewifs für jenes

*) A. a. O. S. 361 ff.

gelten mufs. Von diesem Gesichtspuncte aus betrachtet, sprechen die Pseudomorphosen ein gewichtiges Wort zu Gunsten der Bildung der Dolomite aus dichten Kalksteinen" u. s. w.

So treffend diese Bemerkungen sind, so ist doch Blum auf halbem Wege stehen geblieben, und hat sich auf diesem erst nach dem rechten umgesehen. Er macht Schlüsse von Umwandlungen krystallisirter Mineralien auf analoge Veränderungen in denselben im nicht krystallisirten Zustande. Er schliefst ganz richtig; stellt aber seinen Schlufssatz gewissermafsen selbst wieder in Frage, indem er Anstand nimmt, für die Umwandlung des Kalksteins in Dolomit denselben Procefs, wie für die Umwandlung des Kalkspaths in Bitterspath anzunehmen. Er erscheint gewissermafsen im Kampfe mit sich selbst; er hat den rechten Hergang der Dinge im Sinn, zeigt aber eine gewisse Aengstlichkeit, ihn anzuerkennen. Wir dürfen aber auch nicht vergessen, dafs Blum's vortreffliches Werk über Pseudomorphosen zu einer Zeit erschien, wo man noch nicht im Klaren war, auf welchem Wege pseudomorphische Processe überhaupt von Statten gehen.

Der Dolomit zeigt in seiner zerspalteten und zerklüfteten Beschaffenheit eine so grofse Aehnlichkeit mit den mehr oder minder hohlen Pseudomorphosen von Bitterspath nach Kalkspath, dafs man schon defshalb geneigt wird, für jenen wie für diesen, eine metamorphische Bildung anzunehmen. Ganz entschieden zeigen aber diese Pseudomorphosen, dafs krystallisirter Kalk durch Aufnahme von kohlensaurer Magnesia in ein Doppelcarbonat umgewandelt werden kann. Wozu nun krystallisirter Kalk fähig ist, dazu wird auch dichter kohlensaurer Kalk fähig sein, und um so mehr, da selbst die dichtesten Kalksteine unter dem Mikroskope eine krystallinisch-körnige Structur erkennen lassen (B. II. S. 1012). Wenn daher irgend ein kohlensaurer Kalk in die zur Umwandlung in Dolomit erforderlichen Verhältnisse kommt: so wird er umgewandelt werden. Zu den wesentlichen dieser Verhältnisse gehören aber, dafs der kohlensaure Kalk von Gewässern durchdrungen wird, welche Magnesiabicarbonat, einen Bestandtheil enthalten, der zu den ganz gewöhnlichen unserer Quellwasser gehört. Folgendes Schema versinnlicht diesen Umwandlungsprocefs:

Kalkbicarbonat
wird von den Gewässern fortgeführt

| | | |
|---|---|---|
| Magnesia- | Kohlensäure A | |
| | halbgebundene | Kalkstein |
| bicarbonat | Kohlensaure Magnesia B | |

Dolomit bleibt zurück.

Es hindert nichts anzunehmen, dafs diese Umwandlung sowohl durch die, Kalksteine durchdringenden Gewässer, als durch das Meerwasser bewirkt werden könne.

Viele Mühe habe ich mir gegeben, eine Zersetzung des Magnesiabicarbonats durch Kalkcarbonat zu bewirken. Kohlensaure Magnesia, vollkommen kalkfrei, wurde in Wasser, durch welches anhaltend Kohlensäure strömte, aufgelöst und zur klar von der rückständigen kohlensauren Magnesia abgegossenen Flüssigkeit kohlensaure Kalkerde, die ganz magnesiafrei war, gesetzt. Nachdem das in einem verschlossenen Glase aufbewahrte Gemeng über Nacht theils in gewöhnlicher Temperatur, theils in ganz gelinder Digestionswärme gestanden hatte, wurde die Flüssigkeit abfiltrirt und der kohlensaure Kalk so lange ausgewaschen, als das Abwaschewasser noch auf Magnesia reagirte. Allein es enthielt weder die abfiltrirte Flüssigkeit kohlensauren Kalk, noch der ausgewaschene kohlensaure Kalk kohlensaure Magnesia. Diese Beimischungen hätte man aber finden müssen, wenn das Magnesiabicarbonat halbgebundene Kohlensäure an den kohlensauren Kalk abgetreten und denselben in lösliches Kalkbicarbonat umgewandelt hätte. Entweder ist diese Zersetzung so schwach, dafs sie durch unsere Reagentien nicht nachgewiesen werden kann, oder es ist dazu eine viel längere Einwirkung der Lösung auf den kohlensauren Kalk erforderlich.

Vor vielen Jahren hatte ich denselben Versuch angestellt, aber statt gepülverte kohlensaure Kalkerde, kleine eckige Stücke Kreide genommen. Das luftdicht verschlossene Gefäfs blieb mehrere Jahre lang stehen, und von Zeit zu Zeit beobachtete ich, ob sich nicht die Ecken und scharfen Kanten angegriffen zeigten; es war aber nichts zu bemerken. Etwa

nach 5 Jahren trübte sich die Flüssigkeit. Leider hatte ich damals versäumt, das Trübe zu untersuchen. Ich möchte jedoch vermuthen, dafs es ein Doppelcarbonat aus Kalkerde und Magnesia gewesen sei; denn da sich die Magnesia erst nach dem Abdampfen absetzt (B. I. S. 495), und sich aus der verschlossenen Flasche kein Wasser verflüchtigen konnte: so ist es gewifs nicht kohlensaure Magnesia gewesen.

Liefern diese Versuche auch keine entschiedenen Beweise, dafs sich der kohlensaure Kalk durch theilweisen Austausch gegen kohlensaure Magnesia in Dolomit umwandeln kann: so entkräften sie doch nicht das, was die Pseudomorphosen von Bitterspath nach Kalkspath zeigen. Wo unsere empfindlichsten Reagentien nicht mehr reagiren, da kann man eine durch die Pseudomorphosen nachgewiesene Umwandlung nicht durch die Analyse bestätigen. Eine solche Bestätigung ist leider in den meisten Fällen nicht möglich.

B. I. S. 875 haben wir gesehen, dafs destillirtes Wasser aus einem Gemenge von kohlensaurer Kalkerde und kohlensaurer Magnesia 28 Mal so viel von dieser, als von jener auflöst. Auch aus einem Gemenge von kohlensaurem Kalk und *Magnesia alba* löst es 27 Mal so viel von dieser, als von jener auf (S. 876). Wenn daher aus Gewässern, welche ungefähr gleiche Theile beider Carbonate enthalten, so viel Wasser verdunstet, dafs eben die Auscheidung des kohlensauren Kalks beginnt: so kann die Ausscheidung der kohlensauren Magnesia erst dann beginnen, wenn sich das Wasser durch fortgesetztes Verdunsten so weit vermindert hat, dafs es nur noch $\frac{1}{27}$ von der Wassermenge enthält, welche bei beginnender Ausscheidung des kohlensauren Kalks vorhanden war. Beträgt die kohlensaure Magnesia weniger, als der kohlensaure Kalk: so müssen noch gröfsere Mengen Wassers verdunsten, ehe, nach längst begonnener Ausscheidung des kohlensauren Kalks, die kohlensaure Magnesia anfängt sich abzuscheiden. Da nun in der Regel in Quellwassern die kohlensaure Magnesia weniger als der kohlensaure Kalk beträgt: so begreift man, wie sich beim Verdunsten derselben die gröfste Menge kohlensauren Kalks ausscheidet, ohne dafs auch nur eine Spur kohlensaurer Magnesia zur Abscheidung kommt. Trocknen nämlich die Quellwasser nicht vollständig

ein, fliessen sie ab, ehe mindestens $\frac{27}{28}$ der Wassermenge verdunstet ist: so kann sich nur kohlensaurer Kalk, aber keine kohlensaure Magnesia abscheiden. Finden wir gleichwohl in den Absätzen aus solchen Quellen, neben vielem kohlensauren Kalk, wenigstens Spuren von kohlensaurer Magnesia: so scheint die Abscheidung der letzteren die Folge ihrer Neigung zu sein, mit dem kohlensauren Kalke ein Doppelsalz zu bilden. Vielleicht dafs es sich so mit den von Karsten untersuchten dolomitischen Mergeln, Muschelkalksteinen, die Gemenge aus Kalkstein und Dolomit sind, verhält (S. 1105). Die Zusammensetzung der weiter unten folgenden Absätze aus Quellen zeigt indefs, dafs wahrer Dolomit, d. h. eine Verbindung aus gleichen Aequivalenten kohlensaurer Kalkerde und kohlensaurer Magnesia, nie allein aus solchen Gewässern abgeschieden wird.

Nachstehende Versuche wurden angestellt, um diesen Verhältnissen auf anderem Wege auf die Spur zu kommen.

### Versuch I.

Lösungen von kohlensaurer Kalkerde und kohlensaurer Magnesia in kohlensaurem Wasser wurden zu gleichen Theilen mit einander gemischt und in einer Wärme von ungefähr 40° R. abgedampft. Nachdem sich die Flüssigkeit um $\frac{1}{3}$ vermindert hatte, wurde der Niederschlag untersucht; er bestand aus

| | |
|---|---|
| kohlensaurer Kalkerde | 1,64 |
| kohlensaurer Magnesia | 1,99 |
| | 3,63 |

Die abfiltrirte Flüssigkeit wurde abermals abgedampft bis nur noch $\frac{1}{5}$ zurückblieb. Der dadurch entstandene Niederschlag bestand aus

| | |
|---|---|
| kohlensaurer Kalkerde | Spur |
| kohlensaurer Magnesia | 0,43 |

Der Rest zur Trockne abgedampft enthielt gar keine kohlensaure Kalkerde mehr, sondern bestand blofs aus

kohlensaurer Magnesia . . . 0,84

Ob sich mit der zuerst abgeschiedenen kohlensauren Kalkerde sogleich kohlensaure Magnesia niedergeschlagen hatte,

oder ob erst nach der Ausscheidung der ersteren die Fällung der letzteren begann, bleibt unentschieden. In jenem Falle würde die Bildung von Dolomit möglich gewesen sein, und durch eine Untersuchung des Niederschlags unter dem Mikroskope hätte man vielleicht hierüber entscheiden können.

Versuch II.

Da Gewässer, welche, wie die obigen Auflösungen, 2 Mal so viel kohlensaure Magnesia als kohlensaure Kalkerde und beide im gesättigten Zustande enthalten, zu den grofsen Seltenheiten gehören: so wurde der Versuch mit dem Brunnenwasser im chemischen Laboratorium, in welchem die kohlensaure Magnesia ungefähr halb so viel, als die kohlensaure Kalkerde beträgt, wiederholt. Das angewendete Wasser betrug 80 Unzen

| | | |
|---|---|---|
| Als sich beim Abdampfen bei 40° R. Temperatur ein Rahm von kohlensaurem Kalke gebildet hatte, waren verschwunden . . . | | 1 Unze Wasser |
| Es wurden abgedampft . . . . . . . . | | 16,3 „ |
| Der Absatz bestand aus | | |
| kohlensaurem Kalk | 2,89 Gr. | |
| kohlensaurer Magnesia | schwache Spur | |
| Kieselsäure | „ „ | |
| Es wurden wieder abgedampft . . . . | | 27,7 „ |
| Der Absatz bestand aus | | |
| kohlensaurem Kalk | 5,47 „ | |
| kohlensaurer Magnesia | etwas stärkere Spur | |
| Kieselsäure | Spur | |
| Es wurden endlich abgedampft bis zur Trockne . . . . . . . . . | | 35 „ „ |
| | | 80 „ „ |
| Der Absatz bestand aus | | |
| kohlensaurem Kalk | 0,22 | |
| kohlensaurer Magnesia | 1,95 | |
| Kieselsäure | Spur | |
| Die ganze Menge des kohlensauren Kalks in 80 Unzen Wasser ist | 8,58 Gr. | |
| und die der kohlensauren Magnesia | 1,95 „ | |

Versuch III.

Dieser Versuch wurde wiederholt, indem von 80 Unzen Wasser ununterbrochen fort abgedampft

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| wurden . . . . . . . . . . . . | | 35 | Unzen | Wasser |
| Der Absatz bestand aus | | | | |
| kohlensaurem Kalk | 5,52 Gr. | | | |
| kohlensaurer Magnesia *) | keine Spur | | | |
| Es wurden wieder abgedampft . . . | | 35 | „ | „ |
| Der Absatz bestand aus | | | | |
| kohlensaurem Kalk | 1,27 | | | |
| kohlensaurer Magnesia | keine Spur | | | |
| Es wurden abermals abgedampft . . . | | 6 | „ | „ |
| Der Absatz bestand aus | | | | |
| kohlensaurem Kalk | 1,62 „ | | | |
| kohlensaurer Magnesia | 0,05 „ | | | |
| Nach gänzlichem Abdampfen bis zur Trockne | | 4 | „ | „ |
| | | 80 | „ | „ |
| Der Absatz bestand aus | | | | |
| kohlensaurem Kalk | 0,52 „ | | | |
| kohlensaurer Magnesia | 3,86 „ | | | |
| Die ganze Menge des kohlensauren Kalks in 80 Unzen ist . . . | 8,93 Gr. | | | |
| und die der kohlensauren Magnesia | 3,91 „ | | | |

Aus den Versuchen II und III ergiebt sich, dafs beim Abdampfen eines Brunnenwassers die kohlensaure Kalkerde zuerst, die kohlensaure Magnesia zuletzt abgeschieden wird. Im Versuche II mengten sich dem abgesetzten kohlensauren Kalke Spuren von kohlensaurer Magnesia bei; im Versuch III begann aber die Abscheidung der letzteren erst, nachdem $\frac{7}{8}$ des ganzen Wassers abgedampft waren. Vielleicht rührte dieses verschiedene Verhalten in beiden Versuchen von ungleicher Temperatur, wobei die Verdampfung erfolgte, und davon her, dafs im Versuche III ein weiteres Abdampfungsgefäfs genommen wurde. Der Grund, warum in diesem

*) Die Kieselsäure wurde in diesem Versuche nicht beachtet.

Versuche eine gröfsere Menge kohlensaurer Magnesia, als im Versuch II erhalten wurde, liegt darin, dafs die im Versuche II mit dem kohlensauren Kalke abgesetzten Spuren von kohlensaurer Magnesia nicht bestimmt wurden. Im Versuche II konnten sich mit den ersten Kalkabsätzen nur sehr geringe Mengen eines Kalkmagnesiacarbonats, im Versuch III aber nur mit den letzten Absätzen solche abgesetzt haben.

Eine directe Bildung eines solchen Doppelcarbonats oder Dolomits kann daher aus einem, dem vorstehenden Brunnenwasser ähnlichen Wasser unter den angeführten Umständen entweder gar nicht oder doch nur in kaum merklichen Spuren erfolgen. Dafs sich auch nicht durch Verdunstung in der Lufttemperatur, wenigstens nicht mit der ersten Hälfte des sich abscheidenden kohlensauren Kalks, ein Doppelcarbonat bildet, zeigt der B. I. S. 963 angeführte Versuch mit demselben Brunnenwasser. Welche viel gröfsere Menge Wassers übrigens in gewöhnlicher Temperatur verdunsten mufs, als in erhöhter, ehe kohlensaurer Kalk sich abscheidet, ergiebt sich daraus, dafs in diesem Versuche ungefähr 21 Proc. Wasser verdunstet waren, als Trübung eintrat; in dem Versuche II trübte sich hingegen die Flüssigkeit schon, als etwas über 1 Proc. Wasser in künstlicher Wärme verdampft war.

Die aus der verschiedenen Löslichkeit der kohlensauren Kalkerde und kohlensauren Magnesia in kohlensaurem Wasser gezogenen Folgerungen stimmen mit den Resultaten der vorstehenden Versuche vollkommen überein.

Man kann sich nun auch vorstellen, was geschehen wird, wenn stagnirende Gewässer, etwa von der Zusammensetzung des vorstehenden Brunnenwassers, durch Verdunstung völlig eintrocknen: die unterste Schicht des Absatzes wird aus kohlensaurem Kalk und die oberste aus kohlensaurer Magnesia bestehen. Jene kann Spuren von kohlensaurer Magnesia enthalten, und zwischen beiden Schichten kann eine Spur von Dolomit enthalten sein.

Kann man nicht wohl annehmen, dafs alle Bitterspathe nur pseudomorphe Kalkspathe seien, sind die meisten derselben auf directem Wege aus Gewässern entstanden, ist diefs auch bei manchen Dolomiten der Fall: so mufsten solche Bildungen unter besonderen Umständen, welche uns noch

unbekannt sind, die zu erforschen, wir uns aber alle Mühe geben müssen, von Statten gegangen sein.

Man hat die in Gewässern aufgelöste kohlensaure Kalkerde und kohlensaure Magnesia, gleich den Bicarbonaten von Kali und Natron, Bicarbonate genannt, weil man glaubte, sie seien, wie diese zusammengesetzt; denn da die sauren Salze der alkalischen Erden nicht im festen Zustande, sondern nur in wässriger Lösung existiren: so hat man eine directe Analyse noch nicht versucht. Für geologische Forschungen ist es indefs nicht unwichtig, die Menge der Kohlensäure, welche zur Lösung der kohlensauren Kalkerde und der kohlensauren Magnesia in Wasser erforderlich ist, wenn auch nur approximativ, zu kennen.

Es wurden 1000 Gr. *) einer künstlich dargestellten Lösung von kohlensaurer Kalkerde in kohlensaurem Wasser in einer Retorte allmälig und so lange erhitzt, bis sie eben anfing sich zu trüben, welches bei 80° R. erfolgte. Das Feuer wurde augenblicklich entfernt, der Hals der Retorte in einen mit Kalkwasser gefüllten Recipienten geleitet, und die Lösung abermals bis zum vollen Kochen und so lange erhitzt, als noch Gas sich entwickelte. Nachdem die Lösung bis zur Trockne abgedampft worden, blieben 0,59 Gr. kohlensaurer Kalkerde zurück. Der Niederschlag im Kalkwasser betrug 0,30 Gr. kohlensaure Kalkerde. Die Menge der Kohlensäure in der neutralen kohlensauren Kalkerde verhält sich daher zu der, welche zur Lösung derselben erforderlich ist, sehr nahe wie 1 : 0,5.

So wie es also ein Sesquicarbonat von Kali, Natron und Ammoniak giebt, so scheint auch der im kohlensauren Wasser aufgelöste kohlensaure Kalk ein Sesquicarbonat zu sein.

Ebenso wurden 1000 Gran einer künstlich dargestellten Lösung von kohlensaurer Magnesia in kohlensaurem Wasser behandelt. Sie kam zum vollen und anhaltenden Sieden, ehe Trübung eintrat, und verlor dadurch 178 Gr. an Gewicht. Nach dem Abdampfen der Lösung bis zur Trockne blieben 0,353

*) Zu diesem und dem folgenden Versuche wurden viel gröfsere Quantitäten, mehrere tausend Gran verwendet, und auf 1000 Gran reducirt.

Gr. kohlensaure Magnesia zurück, welche 0,182 Gr. Kohlensäure enthalten. Der Niederschlag im Kalkwasser betrug 0,308 Gr., welche 0,135 Gr. Kohlensäure enthalten. Die Menge der Kohlensäure in der neutralen kohlensauren Kalkerde verhält sich daher zu der, zur Lösung erforderlichen Kohlensäure wie 1 : 0,74. Dem gemäfs war die im kohlensauren Wasser gelöste kohlensaure Magnesia kein Sesquicarbonat; aber auch kein Bicarbonat. Da indefs in diesem Versuche die Kohlensäure schwerlich zu niedrig bestimmt wurde: so möchten wir vermuthen, dafs die im kohlensauren Wasser aufgelöste Magnesia, wie der kohlensaure Kalk ein Sesquicarbonat sei *).

Nach B. I. S. 379 ist das Maximum des kohlensauren Kalks, welches von, mit Kohlensäure gesättigtem Wasser aufgelöst wird, 0,1 Proc. Nach vorstehenden Versuchen sind dazu 0,022 Proc. Kohlensäure erforderlich. Eine so geringe Menge

---

*) Ich hatte keine Hoffnung, durch Wiederholung des Versuchs hierüber bestimmt zu entscheiden; denn der Moment der Trübung ist sehr schwierig genau wahrzunehmen, und, je nach der ungleichen Concentration der Auflösung, zeigt er sich sehr verschieden. So trübte sich eine andere Auflösung, welche 0,81 Gran kohlensaure Magnesia enthielt, schon bei 79° R., also schon vor dem Kochen, indem sich in der Flüssigkeit plötzlich weisse Fäden zeigten. In einer dritten Auflösung, welche 1,73 Gran kohlensaure Magnesia enthielt, also sehr concentrirt war, bildete sich auf der Oberfläche ein Rahm, unter welchem die Flüssigkeit noch lange nach dem Sieden klar blieb. Obgleich die zu diesen Versuchen angewendeten Auflösungen stets auf dieselbe Weise, durch 24stündiges Strömen von Kohlensäuregas in Wasser, mit *Magnesia alba* gemengt, dargestellt wurden: so waren doch die aufgelösten Quantitäten kohlensaurer Magnesia, wie das oben Angeführte zeigt, sehr verschieden. Während des Durchströmens der Kohlensäure ist die Sättigung des Wassers mit kohlensaurer Magnesia nicht zu erreichen, wenn sich auch das Wasser mit Kohlensäure sättigt. Bleibt aber die Flüssigkeit mit überschüssiger Magnesia mehrere Tage lang selbst in einem offenen Gefäfse stehen: so löst sich davon noch fortwährend auf. Hieraus erklärt sich der so sehr verschiedene Gehalt an Carbonaten in den Quellen; denn je länger die Gewässer, unter übrigens gleichen Umständen, mit den Carbonaten in Berührung bleiben, desto mehr lösen sie davon auf.

Kohlensäure in den Meteorwassern reicht also schon für eine gesättigte Lösung von kohlensaurem Kalke hin. Da Wasser mit Kohlensäure unter dem einfachen Luftdrucke gesättigt, davon nahe ein gleiches Volumen enthält: so beträgt diese Kohlensäure dem Gewichte nach nahe 0,2 Proc.; mithin fast 10 Mal so viel, als zur Lösung von kohlensaurem Kalke bis zur Sättigung erforderlich ist. Wasser, welches nur $\frac{1}{10}$ so viel Kohlensäure, als ein damit gesättigtes enthält, kann daher eben so viel kohlensauren Kalk auflösen, wie dieses. Hieraus erklärt sich, warum süfse Quellen nicht selten eben so viel kohlensauren Kalk enthalten, als Säuerlinge. Es ist daher gar nicht nöthig, aus Kalktufflagern, oder aus Kalkspathbildungen in Drusenräumen und in Spalten auf Kohlensäuerlinge zu schliefsen, welche diese Kalkabsätze hervorgebracht haben sollen, und defshalb zu aufsteigenden Quellen Zuflucht zu nehmen, wie diefs von manchen Geologen geschieht (S. 818); denn süfse Quellen vermögen eben so viel kohlensauren Kalk abzuscheiden, und aus diesen geht die Abscheidung sogar leichter von Statten, da sich nicht so viel Kohlensäure aus denselben zu verflüchtigen braucht, wie aus Säuerlingen.

Selbst ein unter höherem Drucke mit Kohlensäure gesättigtes Wasser kann nicht mehr kohlensauren Kalk auflösen, als jenes Maximum beträgt; denn sonst würden die aufsteigenden Quellen bald ihre Kanäle verstopfen, oder kohlensauren Kalk in Suspension heraufbringen, da sich, mit abnehmendem Drucke in höheren Teufen des Quellenlaufes, der überschüssige kohlensaure Kalk absetzen müfste. *Carlsbad's* heifse Quellen, deren hohe Temperatur ein Aufsteigen aus grofser Tiefe voraussetzt, würden also schon längst ihre Kanäle verstopft oder von Zeit zu Zeit kohlensauren Kalk herausgeworfen haben.

Eine so geringe Menge Kohlensäure, wie das Wasser zur Lösung des kohlensauren Kalks bis zur Sättigung fordert, sollte man in den Meteorwassern wohl voraussetzen dürfen, besonders wenn man berücksichtigt, dafs zu der Kohlensäure, die sie aus der Atmosphäre aufgenommen haben, noch diejenige kommt, welche sie aus der Dammerde aufnehmen. Da jedoch die Quellen äusserst selten mit kohlensaurem Kalke

gesättigt sind, sondern dieser meist nur einen kleinen Bruchtheil vom Maximum beträgt: so reicht in diesem Falle auch ein kleiner Bruchtheil von jenen 0,022 Proc. Kohlensäure zur Auflösung hin, und dieser ist ohne Zweifel in den, durch die Dammerde dringenden Gewässern vorhanden. So haben die Gewässer der *Lippe* und *Alme* (B. I. S. 26) nur ungefähr 0,004 Proc. Kohlensäure nöthig, um den in ihnen gefundenen Gehalt an kohlensaurem Kalk aufzulösen. Diese geringe Menge Kohlensäure ist es aber, welche Erdfälle und Höhlen hervorbringt, und Massen von kohlensaurem Kalke fortführt, die uns in Erstaunen setzen.

Die geringen Mengen Kohlensäure in der Atmosphäre und in der Dammerde sind es also, welche Berge versetzen, und dasselbe Bläschen Kohlensäure kann diesen Dienst bis in's Unendliche fort leisten. Denn die Kohlensäure, welche in diesem Augenblicke, in Folge eines sich aus Gewässern abscheidenden Kalkpartikelchen entweicht, kehrt in die Atmosphäre zurück, und wird der Träger einer neuen Menge kohlensauren Kalks. Ebenso wie die Kohlensäure, so ist auch das Wasser in beständiger Circulation begriffen: der Wassertropfen, welcher in diesem Augenblicke ein Kalkpartikelchen fallen läfst, verdunstet, fällt als Regentropfen nieder, löset neuen kohlensauren Kalk auf, führt ihn fort und setzt ihn, vielleicht nach einem hundert Meilen langen Laufe, wieder ab. Derselbe Wassertropfen kann also, wie dasselbe Kohlensäurebläschen, der Träger und Führer der gröfsten Massen kohlensauren Kalkes sein.

Schon B. I. S. 967 wurde angeführt, dafs A. Vogel*) im Meerwasser freie Kohlensäure gefunden hat. Da diefs von grofser geologischer Bedeutung ist: so nahm ich Veranlassung, Vogel's Untersuchung mit Meerwasser aus dem *Canal*, zwischen *Ostende* und *Dover*, zu wiederholen, und gleichzeitig auch die kohlensaure Kalkerde und kohlensaure Magnesia von einander zu scheiden, was von diesem Chemiker versäumt worden ist. Das Meerwasser wurde durch fortwährendes Kochen fast bis zur Trockne abgedampft; denn Vogel bemerkt schon, dafs sich die Kohlensäure erst nach

*) Schweigger's Journ. B. VIII. S. 351.

längerem Kochen entwickelt, und nachdem schon ein Theil des Wassers überdestillirt ist. Erst als ich 17,13 Proc. Wasser überdestillirt hatte, fing das Meerwasser an, sich etwas zu trüben. Meine Bestimmung der Kohlensäure wurde so angestellt, daſs auch nicht eine Spur derselben verloren gehen konnte.

Die genaue quantitative Bestimmung der kohlensauren Kalkerde und der kohlensauren Magnesia ist, wegen des Gehaltes an Gyps und Chlormagnesium, mit Schwierigkeiten verknüpft. Die sich während des Abdampfens abscheidenden Carbonate wurden wiederholt abfiltrirt und so lange ausgewaschen, als sich noch eine Reaction auf schwefelsauren Kalk zeigte. Daſs hierbei etwas an den Carbonaten wieder aufgelöst wurde, war nicht zu vermeiden; dieſs betrug aber gewiſs nicht so viel, daſs es Einfluſs auf die Gewichtsbestimmung hatte.

Zur Vergleichung sind hier alle Bestimmungen der kohlensauren Erden in nachbenannten Meeren zusammengestellt.

| 10000 Gewichtstheile Meerwasser | Kohlensäuregas | Kohlensaure Kalkerde | Kohlensaure Magnesia | |
|---|---|---|---|---|
| *Mittelländ. Meer* | 1,1 | 1,5 | | Vogel |
| *Atlant. Meer* | 2,3 | 2,0 | | Vogel |
| *Canal* | 2,3 | 2,0 | | Vogel |
| *Canal* | 0,77 | 0,57 | 0,165 | Bischof |
| *Ostsee* | | 0,61 | 0,12 | Pfaff *) |
| *Schwarzes Meer* | | 2,49 | 1,37 | Göbel **) |
| *Asowsches Meer* | | 0,15 | 0,84 | Göbel **) |
| *Kaspisches Meer* | | 1,18 | 0,08 | Göbel **) |

*) Schweigger's Journ. B. XI. S. 8. u. B. XXII. S. 271. Die spätere Analyse wurde auf die frühere reducirt, wobei der Kochsalzgehalt zum Maaſsstabe genommen wurde.

**) Poggend. Ann. Erg. Band I. S. 187. Die Doppelcarbonate wurden auf einfache Carbonate reducirt. Sehr auffallend ist der ungewöhnlich groſse Gehalt an Kalk- und Magnesiacarbonat im *Schwarzen Meere*. Eben so auffallend ist es, daſs im *Asow'schen Meere* die kohlensaure Magnesia 6 Mal so viel, als der kohlensaure Kalk beträgt. Eine Wiederholung dieser Bestimmungen ist daher sehr wünschenswerth.

J. Davy (*James.* Journ. 1849. T. XLVII. P. 320) konnte

Aimé *) bestimmte den Luftgehalt des Meerwassers auf der Rhede von *Algier* aus verschiedenen Tiefen und fand, dafs es entweder gar keine oder nur eine äufserst geringe Menge Luft entweichen läfst. In 65 Met. Tiefe ergaben sich 0,01 bis 0,02 seines Volumens Luft, in Tiefen von 1249 und 1606 Met. entweder gar keine oder nur einige Bläschen. Absorbirt, bemerkt er, Wasser unter jedem Drucke ein gleiches Volumen Gas: so müfste, wenn die von ihm absorbirte Menge atmosphärischer Luft blofs vom Drucke abhinge, in 1000 Meter Tiefe das Meerwasser beinahe das Dreifache seines Volumens Luft enthalten. Hiermit stimmen aber die Versuche keineswegs.

Dafs das Meerwasser in der Tiefe, in Folge des höhern Drucks, dem es dort ausgesetzt ist, keine gröfsere Menge Gas absorbiren kann, als an der Oberfläche, ist leicht einzusehen. Im Meere findet beständig fort Bewegung statt, nicht blofs durch die Winde, durch oberflächliche Strömungen vom Aequator nach den Polen und durch untermeerische in entgegengesetzter Richtung, sondern auch durch auf- und niedergehende Strömungen bis zu grofsen Tiefen **). Während aber Wassertheilchen von der Oberfläche in die Tiefe gelangen, haben sie keine Gelegenheit, mehr Gas aufzunehmen. Die etwas mysteriöse Erklärung, welche Aimé von dieser einfachen Erscheinung zu geben versucht, hätte er sich füglich ersparen können.

Auf der Reise der *Bonité* ***) wurde an mehreren Stel-

---

in hoher See zwischen *Westindien* und *Europa* nirgends kohlensauren Kalk im Meerwasser finden. Nach ihm soll sich dieses Carbonat nur auf die Nähe kalkiger Küsten, wo es $\frac{1}{10000}$ beträgt, beschränken. Sollte der von den Flüssen dem Meere zugeführte kohlensaure Kalk durch die Meeresströmungen nicht in die hohe See kommen, oder sollte er in dem Verhältnisse, als er dahin geführt wird, durch Korallen und andere Seethiere verbraucht werden? Ob sich's mit dem Magnesiagehalte eben so verhält, wurde nicht ermittelt. Mit J. Davy können wir nur wünschen, dafs diese Versuche auf andere Meere und auch auf die Prüfung auf Magnesia ausgedehnt werden.

*) Poggend. Ann. B. LX. S. 414.

**) Meine Wärmelehre S. 138 ff.

***) Compt. rend. T. VI. p. 616.

len Meerwasser aus verschiedenen Tiefen geschöpft. Allein der Umstand, dafs die Wasserproben aus der Tiefe mehr oder weniger beträchtliche Mengen weifslicher Flocken schwebend enthielten, scheint einen nachtheiligen Einflufs auf die relativen Quantitäten des Sauerstoffs und der Kohlensäure gehabt zu haben. Wahrscheinlich fand während der Aufbewahrung der Wasserproben, bis zur Untersuchung im *Collége de France,* eine Zersetzung jener Flocken und der durchsichtigen Thierchen auf Kosten des vom Wasser absorbirten Sauerstoffs statt, wodurch ein Theil der gefundenen Kohlensäure erst erzeugt worden war. Da die an der Oberfläche geschöpften Wasserproben ganz klar waren: so ist zu vermuthen, dafs in diesen weniger Sauerstoff zu Kohlensäure geworden ist.

Nachstehend die Resultate der vorstehenden Untersuchungen. In der letzten Spalte wurde die Summe des Sauerstoffs und der Kohlensäure hinzugefügt, welche, da sich bei Umwandlung des Sauerstoffs in Kohlensäure das Volumen nicht ändert, stets dieselbe ist, wie auch die ursprünglichen Quantitäten beider Gase gewesen sein mögen.

| Zeit und Ort. | Tiefen in pariser Fufs. | Gas in 100 Vol. Wasser [1]) | Zusammensetzung des Gases. Sauerstoff. | Kohlensäure. | Stickgas. | Sa. des Sauerst. u. der Kohlens. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1836 Aug. 30. Südsee | 0 | 2,09 | 0,13 | 0,22 [2]) | 1,74 | 0,35 |
| 11° 8′ N. 108° 50′ W. | 349 | 2,23 | 0,23 | 0,40 | 1,58 | 0,63 |
| 1837 März 19. Golph v. Bengal | 0 | 1,98 | 0,11 | 0,28 | 1,59 | 0,39 |
| 11° 43′ N. 87° 18′ O. | 997 | 3,04 | 0,10 | 1,77 | 1,17 | 0,87 |
| 1837 Mai 10. Golph v. Bengal | 0 | 1,91 | 0,12 | 0,25 | 1,54 | 0,37 |
| 18° N. 85° 32′ O. | 1495 | 2,43 | 0,14 | 0,73 | 1,56 | 0,87 |
| 1837 Juli 31. Ind. Ocean | 0 | 1,85 | 0,18 | 0,23 | 1,44 | 0,41 |
| 24° 5′ S. 52° O. | 2243 | 2,75 | 0,27 | 0,96 | 1,52 | 1,23 |
| 1837 Aug. 24. Atlant. Ocean | [3]) | | | | | |
| 30° 40′ S. 11° 47′ O. | 1994 | 2,04 | 0,08 | 0,59 | 1,37 | 0,67 |

1) Bei 760mm Barometerstand von 0° R.

2) Diese Kohlensäure-Menge ist unsicher.

3) Das an dieser Stelle an der Oberfläche geschöpfte Wasser ging verloren.

Hieraus geht hervor, dafs der Luftgehalt durchgängig mit der Tiefe zunimmt. Sehr bedeutend nimmt die Kohlensäure zu. Obgleich des angeführten Umstandes wegen die nummerischen Werthe etwas unsicher sind: so zeigt sich doch auch in der Summe des Sauerstoffs und der Kohlensäure eine sehr bedeutende Zunahme. Die wirkliche Zunahme der Kohlensäure ist daher nicht zu bezweifeln, wenn auch nicht in den Verhältnissen, wie sie die Versuche nachweisen, sofern ein Theil dieser Säure erst auf dem Transporte gebildet worden sein sollte.

Wie es kam, dafs Aimé in gröfseren Tiefen, als in vorstehender Tafel, gar kein Gas oder nur einige Bläschen fand, ist nicht zu begreifen. Es ist doch nicht anzunehmen, dafs bis zu einer gewissen Tiefe der Gasgehalt zunehmen, und in gröfserer ganz verschwinden sollte? — Sollte er vielleicht das Meerwasser nur bis zum Kochen erhitzt, und mithin nur Spuren oder gar kein Gas ausgetrieben haben?

Wie dem aber auch sei, Vogel's vorstehende und meine Versuche haben die Gegenwart der freien Kohlensäure entschieden dargethan, und wie könnte man auch an ihrer Gegenwart in einer Flüssigkeit zweifeln, in welcher eine bei weitem gröfsere Zahl von Thieren athmet, als auf dem Lande?

Die Reduction des Volumens der Kohlensäure in vorstehender Tafel auf ihre Gewichte liefert bei weitem weniger Kohlensäure, als Vogel und ich gefunden haben. Das Minimum giebt nur 0,045, das Maximum 0,35 Gewichtstheile in 10000 Th. Meerwasser, mithin selbst das Maximum kaum halb so viel Kohlensäure, als nach meiner Analyse. Man kann die Ursache nicht darin suchen, dafs auf der Reise der Bonité die Wasserproben innerhalb oder sehr nahe der heifsen Zone geschöpft wurden; denn so grofs ist nicht der Unterschied zwischen der Absorptionsfähigkeit des wärmern Meerwassers unter den Tropen und des kälteren im Canale, dafs daraus jene Differenzen erklärt werden könnten.

Man sieht, dafs man sich, ehe nicht wiederholte genaue und sorgfältige Bestimmungen der freien Kohlensäure im Meere, unter verschiedenen Breiten und in verschiedenen Tiefen, angestellt worden, blofs mit der Gegenwart derselben überhaupt begnügen mufs.

Wie grofs oder wie klein aber auch ihre Menge sein mag, leicht kann man zeigen, dafs dieselbe ununterbrochen fort auflösend auf vorhandene Kalkmassen wirken mufs. Sind der kohlensaure Kalk und die kohlensaure Magnesia als Sesquicarbonate im Meerwasser enthalten: so fordern die nach meiner Analyse gefundenen Quantitäten derselben 0,165 Kohlensäure zur Auflösung; mithin ungefähr $\frac{1}{5}$ der vorhandenen Kohlensäure. Diese reicht daher hin, 5 Mal so viel von beiden Carbonaten aufzulösen, als wirklich aufgelöst ist. Dafs das Meerwasser in seinem Gehalte an kohlensaurem Kalke so weit unter seinem Sättigungspuncte ist, kann nur von der beständigen Abscheidung desselben durch die Muschelthiere u. s. w. herrühren. Durch diese Abscheidung kehrt aber immer wieder die Kohlensäure, welche dieses Carbonat aufgelöst hatte, in das Meerwasser zurück. Ohne dafs also Kohlensäure von aussen hinzu zu kommen braucht, kann im Meere der Kreislauf der Auflösung von Carbonaten und ihrer Abscheidung durch organische Thätigkeit immer fort von Statten gehen.

Denken wir uns ein untermeerisches Kalkgebirge: so löset das Meerwasser davon beständig auf, ohne dafs es sich aber damit sättigt; denn die Muschelthiere scheiden gleichfalls beständig fort den aufgelösten kohlensauren Kalk wieder ab. Da sich der Canal zwischen *England* und *Frankreich* in dem Becken eines Kreidegebirges befindet: so haben wir hier ein solches Verhältnifs, und wir sehen, dafs hier die Abscheidung des kohlensauren Kalks durch organische Thätigkeit den Kalkgehalt im Meere weit unter dem Sättigungspuncte erhält. Nicht zu übersehen ist aber auch, dafs die beständigen Strömungen im Meere das mit kohlensaurem Kalke beladene Wasser fernen Gegenden zuführen, wo sich keine oder doch nur geringe Kalkmassen zur Auflösung darbieten. Eben defshalb haben wir auch nicht immer da, wo untermeerische Kalkgebirge durch Auflösung nach und nach zerstört werden, die Bildung neuer Kalkschichten zu suchen.

Jener Versuch (S. 1130), dafs 17 Proc. Wasser aus dem Meerwasser verdampfen müssen, ehe Trübung eintritt, zeigt so recht augenscheinlich die Unmöglichkeit einer Abscheidung der kohlensauren Erden auf chemischem Wege; denn die Bildung sedimentärer Kalksteine wird sich doch Nie-

mand aus einem kochenden Meere denken wollen? — Durch die gewöhnliche Verdunstung des Meerwassers könnte diese Abscheidung aber selbst dann nicht erfolgen, wenn bis zur Verflüchtigung von 17 Proc. Wasser der Zuflufs aller Flüsse und der Meteorwasser verhindert werden könnte; denn es ist nicht die Concentration des Wassers, sondern die Verflüchtigung der Kohlensäure nach anhaltendem Sieden, wodurch die Abscheidung der kohlensauren Erden erfolgt. Die 0,57 Th. kohlensaurer Kalk in 10000 Th. Meerwasser aus dem Canal betragen ungefähr $\frac{1}{18}$ dieses Carbonats in einer gesättigten Auflösung. Es könnten daher $\frac{17}{18}$ Wasser aus dem Meere verdunsten, ohne dafs sich eine Spur kohlensauren Kalks abscheiden würde.

Nur in einem eintrocknenden Binnenmeere, aus dem nicht nur die freie, sondern auch die halbgebundene Kohlensäure entweicht, könnte eine Abscheidung der kohlensauren Erden durch blofse Verdunstung erfolgen.

Mit der täglichen Verdunstung des Meerwassers verflüchtigt sich allerdings auch die im verdunstenden Wasser enthaltene Kohlensäure. Zu einer Ausscheidung des darin enthaltenen kohlensauren Kalks kann es aber nicht kommen, da, wie wir gesehen haben, im zurückbleibenden Wasser 5 Mal so viel freie Kohlensäure vorhanden ist, als der darin aufgelöste kohlensaure Kalk zur Auflösung fordert. Diese Kohlensäure würde, wenn es zu einer momentanen Ausscheidung käme, sogleich das ausgeschiedene Carbonat wieder auflösen. Dazu kommt, dafs die mit dem verdunstenden Wasser entweichende Kohlensäure durch die Flüsse und durch die Meteorwasser immer wieder zurückgeführt wird. Der Gehalt des Meerwassers an freier Kohlensäure unterliegt daher gewifs nur äusserst geringen Schwankungen.

Alles was vom kohlensauren Kalke gilt, hat auch Bezug auf die kohlensaure Magnesia, und um so mehr, da diese stets später aus verdunstenden Flüssigkeiten sich abscheidet, als jener. Auch diese Erde kann daher nur durch organische Thätigkeit aus dem Meerwasser abgeschieden werden, wie diefs auch der Magnesiagehalt in den von Seethieren gebildeten Kalksteinen zeigt. Ob diese Erde von den Seethieren als wahrer Dolomit, oder nur im Gemenge mit kohlen-

saurem Kalke abgeschieden wird, bleibt weiterer Untersuchung vorbehalten. Wenn aber auch wahrer Dolomit von ihnen abgeschieden werden kann: so ist dieser doch immer mit verhältnifsmäfsig grofsen Quantitäten kohlensauren Kalks gemengt. Eine reine Verbindung gleicher Aequivalente von kohlensaurer Kalkerde und kohlensaurer Magnesia kann nicht zum Bau ihrer Schalen und Gehäuse dienen, und defshalb hat es überhaupt sehr wenig Wahrscheinlichkeit, dafs auf directem Wege im Meere Dolomit als Sediment gebildet werden kann.

Wir werden weiter unten sehen, dafs mit Kohlensäure gesättigtes Wasser selbst aus einer Verbindung, welche mehr kohlensaure Magnesia, als kohlensaure Kalkerde enthält, letztere in viel gröfserer Menge, als erstere auflöst. Es zeigt sich also das eigenthümliche Verhalten, dafs kohlensäurehaltiges Wasser aus einer chemischen Verbindung beider Erden mehr kohlensaure Kalkerde und weniger kohlensaure Magnesia, dagegen aus einem Gemenge beider Carbonate mehr kohlensaure Magnesia und weniger kohlensaure Kalkerde auflöst (S. 1121). Wir können dieses verschiedene Verhalten nur der Neigung beider Erden, ein Doppelsalz zu bilden, zuschreiben; denn diese Neigung kann sich nur äussern, wenn die beiden Carbonate schon mit einander verbunden, nicht aber wenn sie blofs mit einander gemengt sind. In diesem Falle findet nämlich keine Dolomitbildung statt.

Dieser Neigung ist es auch zuzuschreiben, dafs sich, wenn Magnesiacarbonat haltende Gewässer den Kalkstein in Dolomit umwandeln, die ausgeschiedene neutrale kohlensaure Magnesia mit dem kohlensauren Kalke zu diesem Doppelsalze verbindet, und dagegen Kalkcarbonat vom Wasser aufgenommen wird.

Die freie Kohlensäure im Meerwasser sollte vermuthen lassen, dafs die Schalen und Muscheln der Seethiere alsbald nach deren Tode wieder aufgelöst werden würden. Ihr Vorkommen in den sedimentären Formationen, die Bildung der Kalksteine im Meere, besonders die der Korallenbänke (B. I. S. 951 ff.) zeigen aber, dafs die durch organische Thätigkeit gebildeten Kalkgebilde dieser Auflösung widerstehen. Was ist es nun, das diese Auflösung verhindert?

Als frische Austerschalen mit destillirtem Wasser über-

gossen und 24 Stunden lang mit Kohlensäure behandelt wurden, hatten 1000 Th. mit Kohlensäure gesättigtes Wasser

von Austerschalen in dünnen Lamellen von der innern Seite . . . . . . . . . . . . . 0,028 Th.
von gepülverten Austerschalen von der innern Seite . . . . . . . . . . . . . . . . 0,16 „
von den Splittern an der Aussenseite der Austerschalen . . . . . . . . . . . . . 0,07 „

aufgelöst.

Die Lamellen von der innern Seite der Schalen forderten daher 36 Mal so viel kohlensaures Wasser, als die Kreide, und 100 Mal so viel, als der aus einem Kalksalze niedergeschlagene kohlensaure Kalk, die Splitter von der Aussenseite 14 Mal so viel, als die Kreide und 40 Mal so viel als der künstliche hohlensaure Kalk zur Auflösung. Die innere, die Auster umschliefsende Seite ist daher noch schwerlöslicher, als die Aussenseite.

Eine krystallinische Beschaffenheit des kohlensauren Kalks hat keinen wesentlichen Einflufs auf seine Auflöslichkeit; denn von gepülvertem Kalkspath lösten 1000 Th. mit Kohlensäure gesättigtes Wasser 0,42 Th., mithin 15 Mal so viel, als von den Austerschalen in Lamellen auf. Ohne Zweifel ist es die thierische Materie, welche die Austerschalen so schwerlöslich macht.

Quenstedt *) bemerkt, dafs nach Behandlung einer frischen Muschel mit verdünnter Salzsäure eine Gallertmasse von der Form derselben zurückbleibt, und dafs Muscheln der vorhistorischen Zeit mit Säuren viel stärker brausen, als die lebender Thiere und dafs diese, wie bekannt, nach der Auflösung keine Gallerte zurücklassen.

Als ich eine frische Austerschale in Wasser legte und von Zeit zu Zeit einige Tropfen Salzsäure zusetzte, so dafs die Kohlensäureentwicklung 2 Tage lang fortdauerte, beobachtete ich folgende Erscheinungen. Wo die Auster an die Schale angewachsen war, löste die Säure den kohlensauren Kalk so vollständig auf, dafs hier blofs thierische Mem-

*) Petrefaktenkunde Deutschlands B. I. Abth. 1. S. 6.

branen zurück blieben. Die inneren Membranen zeigten noch die Oeffnung, welche durch Wegnahme des Thiers mit dem Messer entstanden war, und durch welche die Säure eingedrungen ist. Am Schlosse und an der Stelle, wo die Schale am dicksten ist, hatten sich die Membranen nur wenig von der Kalkmasse abgelöst, und bei weitem der gröfste Theil der letzteren war noch vorhanden. Durch diese Stelle wurde ein Loch gebohrt und die Schale abermals in verdünnte Salzsäure gelegt. Aus diesem Loche stiegen fortwährend Kohlensäureblasen auf, weil hier die Säure in das Innere der Schale dringen konnte. An den übrigen Stellen zeigten sich zwar auch viele Gasblasen; sie staken aber so fest zwischen den Membranen, dafs nur selten hier und da ein Bläschen aufstieg. Manche blieben zwischen denselben völlig eingeschlossen und bliesen die Membranen so auf, dafs sie Blasen von mehreren Linien Durchmesser bildeten. Platzten sie endlich, so erhob sich mit der Gasblase ein dünnes fadenförmiges Häutchen, welches sich manchmal losrifs und auf die Oberfläche der Flüssigkeit kam. Diese Häutchen waren zum Theil hohl; denn sie schlofsen bisweilen kleine Gasbläschen ein. Mehrere von den gröfseren Gasblasen, welche eingeschlossen blieben, brachte ich durch einen Nadelstich zum Aufsteigen. Manche dieser Gasblasen bewegten sich zwischen den Membranen fort, wenn dieselben eine geneigte Lage hatten. Nachdem aller Kalk durch die Säure ausgezogen worden, blieb eine der Auster sehr ähnliche Masse zurück, welche durch und durch mit Gasblasen erfüllt war.

Erhitzt man eine Austerschale bis zur Verkohlung der thierischen Materie: so erscheint die Schale an der Stelle, wo das Thier angewachsen war, am meisten geschwärzt. Hier ist daher die gröfste Menge thierischer Materie angehäuft. Auch das Schlofs, wo sich die Muskeln zum Oeffnen und Schliefsen der Schalen befinden, erscheint stark geschwärzt.

Jene Gasblasen zeigen die Stellen an, wo der kohlensaure Kalk zwischen den Membranen eingeschlossen war. Der Wechsel zwischen diesen Kalklagen und Membranen scheint sich sehr oft zu wiederholen, wie die überaus dünnen Splitter, welche sich aus den Schalen absondern lassen, darthun. Durch die sehr engen Canäle zwischen den Membra-

nen circulirt ohne Zweifel das von der Auster aufgenommene Meerwasser und setzt darin, wahrscheinlich in Folge einer Contactwirkung, den aufgelösten kohlensauren Kalk ab.

Man begreift sonach, wie dieser eingeschlossene kohlensaure Kalk durch die Membranen gegen Auflösungsmittel und namentlich gegen so schwache, wie das Meerwasser, geschützt wird. Wenn selbst Salzsäure, obgleich deren Eindringen durch das sich entwickelnde, und die Membranen zersprengende Kohlensäuregas befördert wird, die Muscheln so schwierig und langsam auflöst: so ist klar, dafs die Wirkung des Meerwassers, welche durch diesen Umstand nicht unterstützt wird, fast Null sein müsse.

Man begreift ferner, warum die Austerschalen in Lamellen schwerlöslicher sind, als gepülvert; denn jene sind noch in den Membranen eingeschlossen und bieten daher nur an den Kanten Berührungspuncte dar. In der ganz unversehrten Muschel sind aber schwerlich von den Membranen entblöste Stellen. Auf das einfache und nothwendige Verhältnifs, dafs die Seethiere aus dem Meerwasser kohlensauren Kalk in Gefäfsen abscheiden, welche unlöslich im Wasser sind, ist demnach die Möglichkeit der Bildung sedimentärer Kalksteine gegründet. Die wahren und einflufsreichen Steinkorallen tragen den weichen Thierkörper ausserhalb, und das baumartige oder kugelartige Steingerüst bildet die inneren Knochen oder den untern Fufs (B. I. S. 956). Auch bei diesen Seethieren scheint daher der kohlensaure Kalk durch die thierische Materie geschützt zu sein.

Es ist eine bewundernswerthe Circulation, welcher der kohlensaure Kalk unterworfen ist. Die Seethiere scheiden ihn aus dem Meere ab und schützen ihn durch ihre organische Materie gegen die auflösende Kraft des Meerwassers. Sie bilden auf diese Weise Kalksedimente, die durch Hebung über die Meeresfläche kommen. Die organische Materie wird nach und nach zerstört, der kohlensaure Kalk wird wieder löslich, Meteorwasser mit ihrem geringen Gehalte an Kohlensäure lösen ihn auf, führen ihn fort und so kommt er abermals in das Meer, um auf's Neue in dieselbe Circulation zu treten.

Gäbe es im Meere keine Kalkgehäuse bauenden Thiere:

so würde sich nach und nach der durch die Flüsse ihm zugeführte kohlensaure Kalk so häufen, dafs endlich eine Abscheidung auf chemischem Wege erfolgen müfste. Ein solcher Fall kann möglicher Weise in jener frühen Periode unserer Erde stattgefunden haben, in der es noch kein Thierreich gab. Führten die Flüsse damals, wie jetzt, dem Meere kohlensauren Kalk zu, oder zersetzte das Meerwasser, wenn damals noch kein festes Land und keine Flüsse vorhanden waren, Kalksilicat haltende Gesteine auf dem Meeresgrunde, und löste kohlensauren Kalk auf: so mufste endlich ein Sättigungszustand und über diesen hinaus eine Abscheidung des Kalkcarbonats auf chemischem Wege eintreten. Konnte es damals keine Kalkgebirge geben: so fehlte es dennoch nicht am Materiale; denn die Kalksilicate haltenden Gesteine sind es, von denen wir allen kohlensauren Kalk auf Erden ableiten.

Nach dem gegenwärtigen Standpuncte der Wissenschaft ist jener Weg der einzig denkbare einer Bildung sedimentärer Kalksteine ohne organische Thätigkeit. Von solcher Bildung könnten die sogenannten Urkalklager in den versteinerungsleeren Schiefern sein (S. 1001). Der Graphit und die stets durch organische Ueberreste bedingte dunkelgraue Farbe dieses kohlensauren Kalks würde dann einem, dem Auftreten des Thierreichs vorausgegangenen und untergegangenen Pflanzenreiche zuzuschreiben sein (S. 1002). Die nach der chemischen Bildung sedimentärer Kalksteine im Meere erschienenen Muschelthiere würden ein mit kohlensaurem Kalke gesättigtes Meerwasser zur Kalkschalen-Bildung vorgefunden haben. Dieses reiche Material würde den ersten, entschieden durch organische Thätigkeit gebildeten Kalksteinen, den beträchtlichen und weit verbreiteten Grauwackenkalkstein-Lagern, deren Entstehung den Resten von Conchylien und Zoophyten zugeschrieben wird, Ursprung gegeben haben. Dadurch würde der kohlensaure Kalk im Meerwasser nach und nach vermindert worden und endlich bis zu der noch gegenwärtig vorhandenen Menge herabgekommen sein.

Aus dem Vorstehenden ergiebt sich, dafs die kohlensaure Kalkerde in Muscheln und Kalksteinen ihre Auflöslichkeit in kohlensaurem Wasser erst nach der allmäligen Zer-

störung der thierischen Materie wieder erlangen kann. Da hierzu lange Zeiträume erforderlich sind, und die Salze im Meerwasser wohl eher conservirend als destruirend wirken: so wird von den Muscheln u. s. w., so lange sie im Meere liegen, wenig aufgelöst, besonders wenn sie in die Sedimente desselben so eingegraben werden, dafs sie ausser Berührung mit dem Wasser kommen. Sie scheinen sich auch unter dem Meere besser zu erhalten, als an der Luft *).

In vielen Sandsteinen aller Formationen sind die Schalen eingeschlossener Thiere oder ihre sonstigen festen Kalktheile gänzlich zerstört und fortgeführt worden. Ihre frühere Form wird jetzt durch hohle Räume oder durch Abdrücke und Steinkerne bezeichnet. Die Formationen mögen zu den ältesten gehören, wie die silurischen oder devonischen Schichten, oder zu den jüngsten, wie die Mittel-Tertiärschichten, die Erscheinung bleibt sich gleich. Nach gefälligen Mittheilungen meines Freundes F. Römer bemerkt man in den Steinkernen der Rheinischen Grauwacke noch Spuren des kohlensauren Kalkes. In Kalksteinen oder in kalkigen Schichten sind die Schalen in der Regel erhalten, oder in Kalkspath, faserigen Kalk und körnigen Kalk umgewandelt (B. II. S. 1022 ff.). Schon im Meere geht eine solche Umwandlung von Statten (S. 988). Mergelige Kalksteine (im Muschelkalk) finden sich jedoch, in denen die Kalkschalen gänzlich zerstört und hohle Räume zurückgeblieben sind **).

Die meisten Schichten sind nur an der Oberfläche oder in deren nächster Nähe bekannt. Auf diese gründen sich daher auch die Beobachtungen über die Zerstörung der Kalkreste von Meeresthieren. In gröfserer Tiefe scheinen in denselben Schichten die Schalen noch vorhanden zu sein, aber auch die Gesteinsmasse selbst einen gröfseren oder geringe-

---

*) Bronn Handb. d. Geschichte d. Natur B. II. S. 745.

**) Von besonderem Interesse würde die chemische Untersuchung solcher mergeligen Kalksteine sein. Sollten sie, wie die oben angeführten, viel Magnesia enthalten: so könnte die Zerstörung ihrer fossilen Reste von derselben Ursache herrühren, der wir unten die Zerstörung derselben im Dolomit zuschreiben werden. Es würde eine Dolomitisirung sein.

ren Gehalt an kohlensaurem Kalke zu besitzen. An den Schichten devonischer Grauwacke und sandiger Schiefer ist dieser Zusammenhang ebenso zu verfolgen, wie an den miocenen Sand- und Sandsteinschichten des *Grafenbergs* bei *Düsseldorf* *).

Da sich die thierischen Ueberreste in den ältesten versteinerungsführenden wie in den tertiären Formationen auf gleiche Weise verhalten: so ergiebt sich, wie selbst das Alter der letzteren hinreichend war, die thierische Materie so zu zerstören, dafs die Gewässer den kohlensauren Kalk ganz fortführen konnten. Warum dieser vorzugsweise aus Sandsteinen fortgeführt, dagegen in Kalksteinen erhalten wurde, rührt davon her, dafs die Sandsteinmasse leichter vom Wasser durchdrungen wird, als die Kalkmasse, und dafs die mit den Kalküberresten in Kalksteinen in Berührung gekommenen Gewässer schon mehr oder weniger mit kohlensaurem Kalke gesättigt waren.

Der Dolomit enthält in der Regel nur äussere und innere Abdrücke von fossilen Resten und nur zuweilen etwas vollständiger erhaltene Theile; aber auch jene scheinen sogar verschwunden zu sein, falls sie früher vorhanden waren **). Nach v. Strombeck ***) sind im Juradolomit von *Muggendorf* die kalkigen Schalen nicht mehr erhalten, sondern nur die Abdrücke derselben mit einer färbenden, harten und weifsen Erde ausgefüllt, wovon sich ein geringer Theil unter Aufbrausen in Salzsäure auflöste, der andere aber Kieselsäure zu sein schien. Auch Kieselringchen waren an einigen zu erkennen. An den Belemniten bestanden nur die äufsern Schichten aus weifser zerreiblicher Kieselsäure, oft mit vielen concentrischen Ringen, die innern aber aus krystallinischem Kalkspathe. Am *Kahlenberg* bei *Echte* fand v. Strombeck †) den Dolomit in der Nähe des Kalksteins voll von fast cylin-

*) Ich verdanke diese Bemerkungen über Zerstörung und Erhaltung der Kalkschalen u. s. w. der gütigen Mittheilung meines geehrten Freundes v. Dechen.

**) Bronn a. a. O. S. 749.

***) Jahrb. f. Min. 1833. S. 95.

†) Ebend. S. 81.

drischen Höhlungen mit Rhomboëderchen überkleidet, welche von Nerinäen herrühren, die mit dem Kerne verschwunden sind. Andere Höhlungen entsprechen den übrigen, oben erwähnten Versteinerungen, welche jedoch alle um so undeutlicher werden, je weiter man sich im Dolomit vom Kalksteine entfernt.

Kaum kann es einen bündigeren Beweis dafür geben, dafs bei der Umwandlung des Kalksteins in Dolomit grofse Quantitäten Wassers das Gestein durchdrungen haben, als dieses Verschwinden der Kalkschalen, im Gegensatze der Erhaltung derselben in Kalksteinen. Ebenso wie die Gewässer den kohlensauren Kalk der Schalen, und sogar der im Kalkgesteine wohl gleichfalls aus kohlensaurem Kalk bestehenden Abdrücke fortgeführt haben: so haben sie ihn auch aus der Masse des Gesteins selbst aufgelöst. Und so fordert es der Umwandlungsprocefs, mag er durch Austausch gegen kohlensaure Magnesia oder durch blofses Auslaugen des kohlensauren Kalks vor sich gegangen sein. Die von Nerinäen herrührenden Rhomboëderchen können gleichfalls nur das Product eines solchen Austausches oder Auslaugens sein. Dafs die Gewässer auch Kieselsäure enthielten, zeigt deren Gegenwart in jenen fossilen Resten. Dafs sie dieselbe aus dem Gesteine aufgenommen haben, ist in Uebereinstimmung mit dem, in der Regel so geringen Kieselsäuregehalt der Dolomite und mit den von Nauck beobachteten Erscheinungen (S. 1113). L. v. Buch zeigt *), dafs sich die Kieselsäure, namentlich in Muscheln, immer gern da absetzte, wo Gallerte verschwand; denn zwischen den Kalklamellen dicker Austerschalen sehen wir an der Stelle des Schleims runzelige Kieselplatten eingeschoben. Mag diefs die Folge der grofsen Neigung der Kieselsäure sein, sich mit organischen Substanzen zu verbinden, oder mögen Infusionsthierchen den Schleim gefressen, und nach ihrem Tode ihr Kieselskelet zurückgelassen haben; zu der Annahme werden wir geführt, dafs der Absatz der Kieselsäure schon begonnen hatte, ehe noch alle thierische Materie zerstört war.

---

*) Ueber die Silification organischer Körper in den Abhandl. d. Acad. d. Wiss. zu Berlin 1831. S. 43.

Wie die fossilen Reste im Dolomit, so scheinen sich auch die im körnigen Kalke zu verhalten, was damit übereinstimmt, dafs auch dieser ein Umwandlungsproduct aus Kalkstein auf nassem Wege ist (S. 1022).

Wir möchten doch sehen, wie die Vertheidiger einer plutonischen Metamorphose mit derselben ein solches Fortführen der fossilen Ueberreste aus Dolomit und körnigem Kalke in Uebereinstimmung zu bringen vermögten. Eine Academie könnte diefs zum Gegenstande einer Preisfrage machen; schwerlich möchte aber der Preis gewonnen werden.

---

Oben (B. II. S. 239) wurde bemerkt, dafs keine einzige Verdrängungs-Pseudomorphose des Kalkspaths in Formen irgend eines andern Minerals bekannt ist, dafs es aber umgekehrt nicht weniger, als 20 Mineralien giebt, welche in Formen von Kalkspath erscheinen. Den kohlensauren Kalk haben wir daher als ein Fällungsmittel aller der Substanzen betrachtet, aus welchen jene 20 Mineralien bestehen. Da jedes dieser Mineralien schwerlöslicher, als der kohlensaure Kalk ist: so ersieht man, dafs das schwerlöslichere Mineral das leichtlöslichere verdrängt. Daher je leichtlöslicher ein Mineral, desto gröfser ist seine Affinität zum Wasser und umgekehrt.

Dieses Verhältnifs zeigt sich auch in den künstlich dargestellten Salzen. Die zerfliefslichen Salze (kohlensaures Kali, Chlorcalcium, Chlormagnesium u. s. w.) haben unter allen Salzen die gröfste Affinität zum Wasser; denn sie condensiren das atmosphärische Wassergas, und lösen sich darin auf. Sie sind aber auch die leichtlöslichsten unter allen Salzen.

Wir begreifen daher, wie ein im Wasser aufgelöstes Mineral B ein anderes Mineral A verdrängen kann, d. h. wie A ein Fällungsmittel von B wird, wenn B schwerlöslicher als A ist. Wir können uns hiervon genaue Rechenschaft geben; denn denken wir uns, dafs ein Wassertropfen, welcher die schwerlösliche Kieselsäure aufgelöst enthält, auf Kalkspath fällt: so löst er den leichtlöslicheren kohlensauren Kalk auf und beide Substanzen bleiben so lange in gemeinschaftlicher Auflösung, als nicht Wasser aus dem Tropfen

verdunstet. So wie aber Verdunstung eintritt: so scheidet sich die schwerlöslichere Kieselsäure zuerst ab, und der leichtlöslichere kohlensaure Kalk bleibt aufgelöst. Ist die Fläche des Kalkspaths, auf welche der Tropfen fiel, etwas geneigt: so fliefst er auf derselben fort, wobei er sich ausbreitet und mehr oder weniger verdunstet. Kommt der Rest des Wassertropfens auf eine Kante des Kalkspaths: so kann er nicht abfallen, weil die Adhäsion des kleiner gewordenen Tropfens zum Kalkspathe gröfser ist, als seine Schwere. Fallen aber auf dieselbe Stelle der geneigten Kalkspath-Fläche nach und nach mehrere Tropfen: so bilden die nach ihrer theilweisen Verdunstung übrig bleibenden Reste an der Kante einen gröfseren Tropfen, welcher, der Schwere folgend, herabfällt und den aufgelösten kohlensauren Kalk fortführt.

Wir sehen, wie mehrere Bedingungen statt finden müssen, wenn eine Verdrängungs-Pseudomorphose eintreten soll. Hält, um beim vorliegenden Beispiele stehen zu bleiben, der auf Kalkspath fallende Tropfen neben Kieselsäure kohlensauren Kalk bis zur Sättigung aufgelöst: so kann er davon nichts auflösen, und sollte sich aus ihm durch Verdunstung Kieselsäure abscheiden: so würde sich Quarz als Ueberzug auf dem Kalkspathe ohne Verdrängung desselben bilden. Auf diese Weise kann sich der krystallisirte Sandstein von *Fontainebleau*, ein mit Quarzsand übermengter Kalkspath, der in einem Sandsteinbruche unfern *Paris* vorkommt, gebildet haben. Die Nester, Trümmer und Adern von Hornstein oder Chalcedon im Kieselkalkstein, welche zum Theil ganz allmälig in die umgebende Gesteinsmasse verfliefsen, mögen gleichfalls aus Gewässern entstanden sein, welche, neben Kieselsäure, kohlensauren Kalk bis zur Sättigung aufgelöst enthielten; denn Gewässer, welche schon einen Weg durch Kalksteine zurückgelegt haben, sind natürlich mit kohlensaurem Kalke mehr oder weniger gesättigt.

Gröfsere oder geringere Neigung der Flächen der Mineralien, schnelleres oder langsameres Tröpfeln der Gewässer, raschere oder langsamere Verdunstung des Wassers und gewifs noch viele andere unbekannte Umstände befördern oder verhindern solche Verdrängungen. Wir begreifen daher, wie in denselben Räumen, oft dicht neben einander, Ver-

drängungs - Pseudomorphosen theils entstehen, theils nicht entstehen können.

Mit dieser theoretischen Vorstellung stimmt die Beschaffenheit der Quarz-Pseudomorphosen nach Kalkspath vollkommen überein. Die Kalkspathkrystalle überziehen sich mit einer Rinde von Quarzindividuen, verschwinden in der Regel gänzlich und lassen den Quarz in hohlen Räumen zurück. Zuweilen sind jedoch im Innern dieser Krystalle auch noch Reste von Kalkspath vorhanden, welche gewöhnlich eine zerfressene Oberfläche haben *). In der von Haidinger **) beschriebenen Pseudomorphose ist der Kalkspath gänzlich verschwunden, und der Quarz hat nicht nur die Oberfläche überzogen, sondern ist auch in die, den Blätterdurchgängen des Krystalls parallelen Spalten eingedrungen, und hat das Innere des Krystalls durch Quarzlamellen in Zellen von der Gestalt des Kalkspath-Hauptrhomboëders getheilt, welche völlig leer sind.

Hier zeigt sich sehr deutlich, wie die Gewässer von dem minder schwerlöslichen kohlensauren Kalk viel mehr aufgelöst und fortgeführt, als von der in ihnen aufgelösten schwerlöslicheren Kieselsäure abgesetzt haben. Sollten noch Beweise nöthig sein, dafs diese, wie alle Pseudomorphosen auf nassem Wege von Statten gegangen sind: so würden die Quarzlamellen im Innern der Krystalle solche darbieten; denn was anders als das Wasser kann im Stande sein, zwischen die Blätterdurchgänge eines Krystalls einzudringen? — Freiesleben fand wirklich deutliche Wasser- und Luftblasen in dünnen drusigen Schalen, aus welchen die stumpfen Rhomboëder der Quarz-Pseudomorphosen bisweilen bestehen, und doch hat man sich lange gequält und quält sich noch, unnatürliche Erklärungsarten aufzusuchen für solche Erscheinungen.

So wie auch nur die erste unmefsbar dünne Wasserschicht zwischen die Blätterdurchgänge gedrungen ist: so erweitert sich der Zwischenraum durch die allmälige Auflösung des kohlensauren Kalks im eingedrungenen Wasser.

---

*) Blum die Pseudomorphosen u. s. w. S. 231 ff.

**) Poggend. Ann. B. XI. S. 386.

Man würde die relative Auflöslichkeit des kohlensauren Kalks und der Kieselsäure in den Gewässern, welche jenen aufgelöst und diese abgesetzt haben, approximativ ermitteln können aus dem Volumen der ganzen Pseudomorphose, reducirt auf das Gewicht des verschwundenen kohlensauren Kalks, und aus dem Gewichte der Kieselsäure. Die einzeln und ziemlich frei aufgewachsenen pseudomorphen Quarzkrystalle, wie sie Mohs beschreibt, zeigen deutlich, dafs es herabtröpfelnde Wasser waren, welche den kohlensauren Kalk verdrängten, und der von Blum angeführte senkrechte Stand der kleinen Quarzindividuen auf den Flächen des verschwundenen Kalkspaths zeigt eben so deutlich, dafs die Wassertropfen auf geneigten Flächen herabflossen und auf denselben die Kieselsäure absetzten. Emporstehende Quarzzacken in mehreren Amethystkugeln aus den Mandelsteinen bei *Idar* deuten die leeren Räume zwischen vorhanden gewesenen einzelnen Kalkspathkrystallen an.

Für die Umwandlung des Kalkspaths in Bitterspath liefern die von Blum *) beschriebenen Quarzpseudomorphosen nach Kalkspathformen, von der Grube *Teufelsgrund* im *Münsterthal*, interessante Belege. In den meisten dieser Pseudomorphosen sind die Spitzen der Formen aus Bitterspath, das Uebrige aus Quarz gebildet. An einer Spitze beobachtete er sogar unter der feinen Rinde von Bitterspath noch Ueberreste von Kalkspath. Nach seiner gewifs richtigen Ansicht entstanden zuerst ganz hohle und nur aus sehr dünnen Rinden bestehende Umwandlungs-Pseudomorphosen von Bitterspath nach Kalkspath. Es waren also Magnesiacarbonat haltende Gewässer, welche die kohlensaure Kalkerde theilweise verdrängten und dagegen kohlensaure Magnesia absetzten. Später waren es Kieselsäure haltende Gewässer, (oder vielleicht dieselben, wie früher, nur dafs sich die kohlensaure Magnesia in Ermanglung des kohlensauren Kalks passiv verhielt) welche in die hohlen Pseudomorphosen drangen: ihre Kieselsäure verbreitete sich von der Stelle aus an den Wänden, mit welcher die Pseudomorphosen auf dem Gestein safsen; sie krystallisirte und verdrängte nach aussen hin meist die frühere Bitterspath-

*) Nachtrag S. 134.

rinde. Aber an den Spitzen der Krystalle, wo diese Rinde zu dick war, oder wo die Quarzsubstanz abnahm, widerstand sie, und so bestehen diese Pseudomorphosen meist aus Quarz und Bitterspath.

Dafs auch der nicht aus Kalkspath hervorgegangene Bitterspath von Kieselsäure verdrängt wird, zeigen die Pseudomorphosen von Quarz und Chalcedon nach Bitterspath, wovon Blum *) mehrere Beispiele anführt. Die Wände im Innern der hohlen Pseudomorphosen von Quarz nach Bitterspath zeigen sich nur wenig rauh und eine Fortbildung des Quarzes nach innen ist nicht wahrzunehmen. Dieser Umstand zeigt recht deutlich, dafs der Bitterspath als Fällungsmittel der Kieselsäure wirkte, und dafs daher, nachdem er fortgeführt worden, letztere nicht mehr aus den Gewässern abgeschieden wurde. Es ist diefs eine bemerkenswerthe Erscheinung; denn sie zeigt die Möglichkeit, dafs die Kieselsäure aus Gewässern durch Bitterspath ausgeschieden wird, ohne dafs sich die Flüssigkeit, oder doch nur wenig durch Verdunstung vermindert. Im Innern dieser Pseudomorphosen finden sich meist noch Bitterspathkerne, welche gleichsam Spaltungsstücke von rhomboëdrischer Form sind, aber die Quarzrinde nicht berühren: zum Beweise, dafs sie gröfser waren, als sie jetzt sind, und dafs sie früher den ganzen Raum einnahmen.

Kohlensaure Magnesia ist entschieden leichtlöslicher im kohlensauren Wasser, als kohlensaurer Kalk (B. I. S. 387). So wie die oben genannten 20 Mineralien den Kalkspath verdrängen: so sollte man erwarten, dafs der Magnesit nicht nur eben diese Mineralien, sondern auch den Kalkspath verdrängen konnte. Bis jetzt hat man aber noch keine Pseudomorphose irgend eines Minerals nach Magnesitspath gefunden: sei es, dafs man seines überhaupt nur seltenen Vorkommens wegen nicht darauf geachtet hat, oder dafs seine Fundorte im Gesteine (Chloritschiefer, Talkschiefer und Serpentin), und nicht auf Gängen oder in Drusenräumen einer Pseudomorphose wenig günstig sind.

Die durch Pseudomorphosen wirklich erwiesene Umwandlung des Kalkspaths in Bitterspath scheint dem Gesetze

*) Pseudomorphosen S. 237. u. S. 247. Nachtrag S. 136.

zu widersprechen, dafs das verdrängende Mineral schwerlöslicher, als das verdrängte ist (S. 1141). Es ist aber nicht zu übersehen, dafs die Verdrängung der kohlensauren Kalkerde durch kohlensaure Magnesia nur eine theilweise ist; denn es bleibt ein Doppelsalz aus beiden zurück, und eben dieser Neigung zur Bildung eines Doppelsalzes ist es zuzuschreiben, dafs die leichtlöslichere kohlensaure Magnesia die schwerlöslichere kohlensaure Kalkerde theilweise verdrängt.

Dieses Doppelsalz, der Bitterspath, verhält sich übrigens wie der Kalkspath gegen mehrere Mineralien; denn Eisenspath, Brauneisenstein, Pyrolusit und Kieselzink, welche den Kalkspath verdrängen, verdrängen auch den Bitterspath. Die beiderseitigen Pseudomorphosen sind mehr oder weniger hohl und bezeugen daher, dafs das verdrängende Mineral schwerlöslicher, als das verdrängte war. Auch die schon erwähnte Zellenbildung aus dem verdrängenden Minerale, in Folge der zwischen die Blätterdurchgänge des Kalkspaths oder Bitterspaths eingedrungenen Gewässer, findet sich hier und da. Ueberhaupt zeigt sich eine so grofse Analogie nicht blofs zwischen den Verdrängungspseudomorphosen nach Kalkspath und Bitterspath unter sich, sondern auch zwischen beiden Reihen von Pseudomorphosen, dafs die Entstehung derselben durch gleiche Processe, nur dafs das Material in den Gewässern verschieden war, unzweifelhaft ist.

Mehrere Pseudomorphosen nach Kalkspath, wie z. B. Eisenoxyd, Eisenkies, Malachit u. s. w. nach Kalkspath u. s. w. giebt es, von denen entsprechende Pseudomorphosen nach Bitterspath nicht bekannt sind. Umgekehrt hat man eine, dem Speckstein nach Bitterspath entsprechende Pseudomorphose nach Kalkspath erst kürzlich aufgefunden (S. 1115). Auch Sillem *) erwähnt einer solchen Pseudomorphose. Wahrscheinlich werden sich durch weitere Entdeckungen die beiden Reihen von Verdrängungspseudomorphosen nach Kalkspath und Bitterspath gegenseitig noch immer mehr ergänzen, wenn sich die Aufmerksamkeit der Mineralogen auf diese gegenseitige Beziehung richtet.

Wären Verdrängungspseudomorphosen von Eisenspath

---

*) N. Jahrb. für Min. u. s. w. 1848. S. 397.

nach Kalkspath und nach Bitterspath nicht bekannt: so könnte man keinen Augenblick an ihrer Möglichkeit zweifeln; denn die Hauptbedingung, dafs kohlensaures Eisenoxydul im kohlensauren Wasser schwerlöslicher, als kohlensaure Kalkerde und kohlensaure Magnesia ist (B. I. S. 388), findet statt. Sie müfsten daher auch hohl sein (S. 824) und sie sind es wirklich; auch zeigen sie die schon mehrmals erwähnte Zellenbildung *).

Schon oben (B. II. S. 1075) haben wir Sedimente kennen gelernt, in denen mechanische Absätze und Niederschläge durch organische Thätigkeit mit einander verknüpft sind. Kürzlich analysirte van der Marck einige zum westphälischen Uebergangsgebirge gehörende Gebirgsarten: eine Grauwacke, einen Kieselschiefer und verschiedene Kalksteine. Die beiden ersteren enthalten Carbonate; sie gehören daher gleichfalls zu den auf mechanischem Wege und durch organische Thätigkeit entstandenen Sedimenten. In diesen, wie in den Kalksteinen, steigt, neben kohlensaurem Kalk und meist geringen Mengen kohlensaurer Magnesia, das kohlensaure Eisenoxydul bis auf 15,9 Proc. **). Im Kieselschiefer finden sich 6 Proc.

---

*) Blum, die Pseudomorphosen S. 304 und 305.

**) Im *Adolphskoi*-Thale am *Ural* kommen schwarze Kalksteine vor, welche gleichfalls, nach Göbel, 3 bis 3,5 Proc. kohlensaures Eisenoxydul und 1,25 bis 4 Proc. kohlensaure Magnesia enthalten, und deren 4 bis 40 Proc. betragender unauflösliche Rückstand zeigt, dafs sie Niederschläge durch organische Thätigkeit mit mechanischen Absätzen sind. Ein schwarzer Dolomit aus demselben Thale bietet, da er die Basis des Diamanten-führenden Goldsandes bildet, ein besonderes Interesse dar. Auch dieser Dolomit enthält 7,5 Proc. unauflöslichen Rückstand, welches vermuthen läfst, dafs er aus jenen Kalksteinen hervorgegangen ist. Die Meinungen derjenigen, welche dort das Vorkommen der Diamanten untersucht haben, vereinigen sich dahin, dafs man die ursprüngliche Lagerstätte derselben in Dolomit zu suchen habe. Dafür sprechen die vielen Hexaëder von Brauneisenerz und Bergkrystalle in jenem Goldsande, wovon sich letztere auch im Dolomit und erstere im Kalksteine in der Nähe des Dolomit finden. Kieselsäure und Kohle sind, bemerkt v. Engelhardt, dem Dolomite beigemengt, und eben so wie

kohlensaures Eisenoxydul, nur 2,5 Proc. kohlensaurer Kalk und 0,7 Proc. kohlensaure Magnesia. Wie soll man sich nun die Bildung von solchen Quantitäten kohlensauren Eisenoxyduls aus einem Meere erklären? — Frühere Analysen haben kohlensaures Eisenoxydul im Meerwasser gar nicht nachgewiesen. Durch Abdampfen von 6,5 Pfd. Meerwasser (aus dem Canale) war ich im Stande, die Menge des Eisenoxyds in demselben zu bestimmen. Sie betrug auf kohlensaures Eisenoxydul reducirt 0,0005 Proc.

Es ist schnell gesagt: damals, als die Sedimente niederfielen, aus denen das Uebergangsgebirge entstanden ist, war mehr kohlensaures Eisenoxydul im Meere vorhanden, als jetzt; der Beweis, dafs diefs so sein mufste, dürfte aber schwer zu führen sein. Könnten wir auch annehmen, das Meer habe so viel von diesem Carbonate enthalten, als die eisenhaltigsten Mineralquellen: so ist dadurch die Schwierigkeit, sich seine Abscheidung zu denken, doch keineswegs gehoben. Sie ist noch gröfser, als beim kohlensauren Kalke; denn dessen Abscheidung ist nicht an die Bedingung geknüpft, dafs der atmosphärische Sauerstoff ausgeschlossen sein mufs.

Können auch nicht die Seethiere ihre Schalen aus kohlensaurem Eisenoxydul bauen: so zeigen doch ihre Gebilde die Gegenwart des Eisens und mithin das Vermögen dieser Thiere, dasselbe aus dem Meerwasser abzusondern. Nach A. Vogel *) enthalten die rothen Korallen 1 Proc. Eisenoxyd, und es scheint das färbende Princip derselben zu sein. In der *Spongia usta* fand Herberger 8,6 Proc. Eisenoxydul. Die Schuppen auf der Aufsenseite der Austerschalen enthalten nach meiner Analyse, ausser kohlen-

---

jene sich als Bergkrystall ausgeschieden habe, könne sich auch die Kohle als Diamant ausgeschieden haben. G. Rose Reise nach dem *Ural* B. I. S. 368 ff.

Den Vermuthungen v. Engelhardt's können wir nur beistimmen. In einem Gesteine, wie im Kalksteine, in welchem bis zur Umwandlung in Dolomit verschiedenartige und lange Zeiträume fordernde Processe vor sich gegangen sind, kann auch die Kohle zur Krystallisation gekommen sein.

*) Schweigger's Journ. B. XVIII. S. 146.

saurem Kalk und thierischer Materie, 0,61 Proc. Eisenoxyd mit etwas Manganoxyd und 0,15 Proc. kohlensaure Magnesia. Eisenoxydul war nicht aufzufinden; obgleich die Auster es gewifs als Carbonat aufgenommen hatte.

Das kohlensaure Eisenoxydul in Kalksteinen, welche sich aus dem Meere abgesetzt haben, kann mithin, wie der kohlensaure Kalk, das Product einer organischen Thätigkeit sein. Es kann aber auch das Product einer Verdrängung einer entsprechenden Menge kohlensaurer Kalkerde durch das im Meere aufgelöste kohlensaure Eisenoxydul sein. Wir können diefs um so mehr begreifen, da in manchen Muschelschalen Eisenocher, Brauneisenstein, ja selbst Eisenglanz den kohlensauren Kalk verdrängt haben. Im eisenschüssigen Sande der Kreideformation zu *Woodstown* in *New-Jersey* kommt die *Gryphaea convexa Say* (Gr. *vesicularis* Bronn) nicht selten durch Eisenocher vererzt vor *). Das Eisenoxydhydrat kann als solches die kohlensaure Kalkerde nicht verdrängt haben, sondern kohlensaures Eisenoxydul war es unstreitig, welches den Austausch bewirkt und sich hierauf in Eisenoxydhydrat umgewandelt hat. Auch die von Blum **) beschriebene, ganz aus späthigem Eisenglanz bestehende Bivalve aus dem untern Lias gehört in dieselbe Kategorie. Ganz richtig bezieht er sich hierbei auf die nicht seltenen Pseudomorphosen des Eisenoxyds in Formen von Kalkspath. Eine von Beyrich mir mitgetheilte *Cardinia* aus dem untern Lias (*Dep. Yonne*) besteht gleichfalls ganz aus Eisenglanz. Auch in diesen Fällen hat ohne Zweifel das kohlensaure Eisenoxydul die Verdrängung des kohlensauren Kalks bewirkt. Die Pseudomorphosen des Rotheisensteins nach Eisenspath liefern Beweise für eine solche Umwandlung ***).

Wenn es sehr wahrscheinlich ist, dafs die Verdrängung des kohlensauren Kalks in diesen Versteinerungen durch kohlensaures Eisenoxydul nicht im Meere, sondern durch die, die Gebirgsgesteine durchdringenden Gewässer erfolgt ist: so ist

*) Blum Nachtrag S. 206. Auch Bronn's Handb. einer Geschichte der Natur B. II. S. 713.

**) Ebend. S. 202.

***) Blum die Pseudomorphosen S. 188 und Nachtrag S. 110.

doch nicht zu bezweifeln, dafs auch das kohlensaure Eisenoxydul im Meerwasser dieselbe Wirkung hervorbringen kann.

Combiniren wir diese Erscheinungen mit den unten angeführten: so kommen wir zu dem wichtigen Resultate, dafs durch organische Thätigkeit nicht blofs kohlensaure Kalkerde und kohlensaure Magnesia, sondern auch kohlensaures Eisenoxydul abgeschieden wird, dafs aber auch die kohlensaure Magnesia und das kohlensaure Eisenoxydul die kohlensaure Kalkerde verdrängen können. Letzteres wird in solchen Fällen statt gefunden haben, wenn, wie im obigen Kieselschiefer, das kohlensaure Eisenoxydul mehr als das Doppelte vom kohlensauren Kalke ausmacht.

---

Die oben (S. 1121 ff.) entwickelten Verhältnisse hinsichtlich des Absatzes der Carbonate aus Gewässern finden im Nachstehenden ihre volle Bestätigung. Die Sprudelsteine *Carlsbad's* (B. I. S. 888 ff.) enthalten keine Spur kohlensaurer Magnesia, obgleich das heifse Wasser, woraus sie sich absetzen, $\frac{3}{5}$ Mal so viel davon, als kohlensauren Kalk enthält. Durch die Verdunstung des Wassers kommt also nur der kohlensaure Kalk, und davon wahrscheinlich nur ein Theil zum Absatze. So viel Wasser verdunstet aber lange nicht, dafs die Abscheidung der kohlensauren Magnesia beginnen könnte. Die Gewässer fliefsen also mit ihrem vollen Magnesiagehalte in die *Tepel.* Wenn Daubeny *) berichtet, dafs die warmen Säuerlinge zu *Torre dell' Anunziata* kohlensaure Magnesia absetzen: so müssen diese viel länger, als *Carlsbad's* Thermen stagniren, und keinen kohlensauren Kalk oder nur Spuren davon enthalten. Aus kalten Quellen kann sich kohlensaure Magnesia noch viel weniger, als aus heifsen absetzen, weil sie viel langsamer als heifse verdunsten. Die Absätze aus kalten Quellen enthalten daher meist gar keine, oder, im Verhältnisse zur kohlensauren Kalkerde, doch nur geringe Mengen kohlensaurer Magnesia (B. I. S. 894 ff.) Endlich finden sich auch in den

---

*) N. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1843. S. 852.

Kalkabsätzen in Drusenräumen nur Spuren von kohlensaurer Magnesia (B. II. S. 820 und 822). Bei weitem der gröfste Theil der kohlensauren Magnesia aller Quellen kommt also in das Meer, worin sie sich auch findet (S. 1130).

Wie sich der kohlensaure Kalk aus dem Meerwasser sichtbar abscheidet, zeigen die Muschelschalen der Meeresthiere. Nach früheren Untersuchungen schien die kohlensaure Magnesia zu den Skeletten der Infusionsthierchen untauglich zu sein (B. I. S. 983). Seitdem hat aber Forchhammer*) in Kalksteinen, welche von organischen Wesen herrühren (Kreide, Kalkstein und Phryganeenkalk), 0,371 bis 1,01 Proc., und in 17 verschiedenen Korallen und Seethierschalen 0,118 bis 7,644 Proc. kohlensaure Magnesia nachgewiesen. Die kohlensaure Magnesia wird daher, wenn man diese Quantitäten mit denen im Meere (S. 1130) vergleicht, durch organische Thätigkeit nur in so geringer Menge im Verhältnisse zum Kalke abgeschieden, dafs sie unmöglich ein Aequivalent der, dem Meere von den Flüssen zugeführten Quantitäten sein kann.

Einen unorganischen Procefs, wodurch diese sich beständig häufende kohlensaure Magnesia verbraucht wird, haben wir schon in der Zersetzung der Kalksilicate durch kohlensaure Magnesia kennen gelernt (B. II. S. 500). Eben daselbst wurde berechnet, dafs der Rhein in 24 Stunden 4621956 Pfd. kohlensaure Magnesia dem Meere zuführt. Wird diese Quantität zur Bildung von Dolomit verwendet: so giebt sie 10087202 Pfd. eines Dolomit von gleichen Aequivalenten seiner Carbonate. Diese Quantität ist gleich einem Parallelepipedum von 229 Fufs Seite und 1 Fufs Höhe. In einem Jahre würde daher ein Parallelepipedum von dieser Grundfläche und 365 F. Höhe, mithin ein nicht unbedeutender Dolomitberg gebildet werden. Man sieht aus diesem Beispiele, die kohlensaure Magnesia, welche von den Flüssen dem Meere zugeführt wird, und seit undenklichen Zeiten zugeführt worden ist, reicht zu den grofsartigsten Bildungen von Dolomit im Meere hin.

---

*) Journ. f. pr. Chem. B. XLIX. S. 52.

Theilt sich auch die Magnesia zwischen der Bildung von Dolomit, Speckstein u. s. w.: so sind wir doch nicht in Verlegenheit, alle uns bekannten und unbekannten Dolomitberge und Dolomitlager aus der Umwandlung vorhandener Kalksteine durch die kohlensaure Magnesia im Meerwasser und in andern Gewässern zu erklären.

Bildungen von Dolomit, Speckstein, Chlorit und Serpentin (Bd. II. S. 502) erscheinen daher als nothwendige Processe zum Verbrauche der in den Gewässern enthaltenen und fortwährend aus dem Gebirgsgesteine extrahirten kohlensauren Magnesia. Diese, grofse Gebirgsmassen zusammensetzende Mineralien sind das Endziel der metamorphischen Processe, denen die Magnesia unterliegt.

Folgende Erscheinungen liefern weitere Beweise für die durch Austausch gegen kohlensauren Kalk von Statten gehenden Abscheidungen von kohlensaurer Magnesia.

Silliman d. J. *) fand in einem dichten Korallenkalke 38,07 Proc. kohlensaure Magnesia, während frische Korallen kaum 1 Proc. davon enthielten. Dana bemerkt hierüber ganz richtig, dafs es Umstände geben müsse, unter welchen das Magnesiasalz des Oceans und der kohlensaure Kalk der Korallen auf einander wirken, und einen Magnesiakalk bei der gewöhnlichen tropischen Temperatur des Wassers (?) produciren können. Man sollte erwarten, dafs ein solches Gestein schon eine krystallinisch-körnige Beschaffenheit zeigen würde; denn 38 Proc. kohlensaure Magnesia reicht für die Bildung krystallisirten Bitterspaths hin.

Oben (S. 1012) haben wir gesehen, wie sich in einem Kalksteine unmittelbar neben Grünsteingängen die kohlensaure Magnesia um 17 bis 18 Proc. vermindert hatte. Coquand **) theilt dagegen Analysen von vier Handstücken eines Versteinerungen-führenden Muschelkalks mit, der in Berührung mit Basalt Magnesia aufgenommen hatte.

---

*) Dessen Journ. T. VI. S. 268.

**) N. Jahrb. 1843 S. 850.

| | I in Basalt eingeschlossen | II in 1met. Abstand von I | III in 2met. Abstand von I | IV Kalkstein mit *Terebrat. vulg.* |
|---|---|---|---|---|
| Kohlensaurer Kalk | 57,0 | 68,0 | 83,7 | 92,4 |
| Kohlensaure Magnesia | 39,6 | 27,9 | 9,5 | — |
| Eisenoxyd . . . . | 0,8 | 1,0 | 2,1 | 3,2 |
| Thon . . . . . . | 2,0 | 2,5 | 4,0 | 3,8 |
| Wasser . . . . . | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,6 |
| | 99,9 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Der Verf. meint selbst, dafs das Gestein nicht geschmolzen war, weil sonst die fossilen Reste ihre äussere Form nicht bewahrt hätten. Da aber doch die Textur geändert ist: so mufste eine Art Erweichung eingetreten sein. Die Aufnahme der Magnesia soll also durch Cementation statt gefunden haben.

Es ist unbegreiflich, wie man sich solche Vorstellungen machen kann. Die Magnesia in Basalt hätte ihre Kieselsäure verlassen und sich mit der Kalkerde verbinden müssen. Woher kam aber die Kohlensäure? — Die Thatsache selbst, dafs der kohlensaure Kalk im Basalt eine Umwandlung in Dolomit erlitten hat, ist indefs sehr interessant; denn hier giebt es keine andere Erklärung, als dafs die Kohlensäure der Gewässer das Magnesiasilicat des Basalts zersetzt hatte, und dafs durch Austausch dieses Magnesiacarbonats gegen kohlensauren Kalk die Umwandlung von Statten gegangen ist. Dafs im Muschelkalke noch andere Processe vor sich gegangen sind, zeigt die Abnahme des Eisenoxyds und des unauflöslichen Rückstandes. Diefs beweiset abermals, wie mit der Umwandlung des kohlensauren Kalkes in Dolomit eine Ausscheidung des Fremdartigen verknüpft, und wie diefs auch die Ursache der grofsen Reinheit der körnig-krystallinischen Dolomite ist.

Wir begegnen hier Verhältnissen, welche etwas abweichen von denen bei der Umwandlung des Kalksteins in körnigen Kalk. Die S. 1033 angeführten körnigen Kalksteine sind, mit Ausnahme eines einzigen (von *Auerbach*) mehr

oder weniger unrein *). Die krystallinischen körnigen Dolomite zeigen dagegen durchweg eine grofse Reinheit. Bei der Umwandlung des Kalksteins in Dolomit scheidet sich also das Fremdartige mehr aus, als bei der Umwandlung des Kalksteins in körnigen Kalk. Das Material zu beiden Umwandlungen war gewifs oft dasselbe, da an manchen Orten, am *Gotthard*, zu *Carrara* und in den *Pyrenäen*, der Dolomit beständig mit dem körnigen Kalke verknüpft ist. In diesem Falle kann der ungleiche Erfolg nur in der Art der Umwandlung gesucht werden. Bei der Umwandlung in Dolomit wird fast die Hälfte der ganzen Kalkmasse gegen kohlensaure Magnesia ausgetauscht. Bei einer so umfassenden Metamorphose wird aber wohl alles, was nicht in die neue krystallinische Verbindung eingehen kann, fortgeführt. Bei der Umwandlung des Kalksteins in körnigen Kalk findet hingegen kein Austausch statt: es ist blofs ein durch Gewässer bewirkter Uebergang des amorphen in den krystallinischen Zustand. Weil der Natur der Sache nach bei dieser Umwandlung nichts fortgeführt zu werden braucht: so finden sich auch nicht im körnigen Kalk die hohlen Räume des Dolomit. Wie wir aber im körnigen Kalke die so oft genannten Begleiter finden (S. 1036): so treffen wir auch im Dolomit Glimmer, Talk, Grammatit und Quarz nicht so gar selten an, und wie jene, so

*) Wir nehmen Veranlassung, bei dieser Gelegenheit drei uns seitdem bekannt gewordene Analysen sehr reinen körnigen Kalks von C. G. Wittstein (Buchner's Rep. R. III B. III. S. 24) nachzutragen.

| | I | II | III |
|---|---|---|---|
| Kohlensaurer Kalk . . . . . . | 99,236 | 99,010 | 97,040 |
| Kohlensaure Magnesia . . . | 0,284 | 0,521 | 2,109 |
| Eisenoxydul und Phosphorsäure | 0,251 | 0,062 | 0,360 |
| Kieselsäure . . . . . . . . | — | — | Spuren |
| | 99,771 | 99,593 | 99,509 |

I weisser, feinkörniger, ziemlich fester Marmor von *Carrara*.
II krystallinischer (?) Marmor von *Schlanders* in *Tyrol*.
III dichter Marmor eben daher.

Diese körnigen Kalksteine stehen in ihrer Reinheit dem Kalkspath und dem Dolomit nicht nach.

sind auch diese gleichsam die Nebenproducte der metamorphischen Processe, wodurch dort körniger Kalk, hier Dolomit entstanden ist (S. 1037).

Die von Coquand erwähnten merkwürdigen Eisenlager zu *Vicdessos* und im *Canigou* liegen mitten in sehr dolomitischen Kalksteinen. Sie sind gewifs nichts anderes, als eben solche Nebenproducte der dolomitisirenden Processe.

In der Goldgrube *la Gardette* setzt, nach ihm, der goldführende Quarzgang aus dem Gneifs in den darauf liegenden Lias. Die Liaskalke, welche ihm als Soolbänder dienen, sind alle verwandelt in schwarzen Dolomit und enthalten goldhaltigen Bleiglanz; aber schon in einigen Centimetern Abstand findet sich keine Magnesia mehr. Jedoch der nämliche Bleiglanz und rhomboëdrische Dolomitkrystalle bilden Drusen mitten im Quarze, der im Gneifse liegt.

Diese Dolomitisirung im Contacte mit einem ganz entschieden auf neptunischem Wege erfüllten Gange ist sehr interessant; denn hier kann die Umwandlung wiederum nicht anders, als durch Austausch zwischen dem Liaskalke und der kohlensauren Magnesia in den Gewässern erfolgt sein. Dafs dieselben Gewässer kohlensaure Magnesia, Kieselsäure und Bleiglanz mit sich geführt und theils im Gange, theils im Nebengesteine abgesetzt haben, ist wohl nicht zweifelhaft *).

Nach v. Bibra **) enthalten die einige Zoll mächtigen mergeligen Schichten, welche mit festen, 2 bis 3 Fufs mächtigen Bänken von Muschelkalk bei *Sennfeld* in *Franken* wechseln, zum Theil sehr bedeutende Quantitäten kohlensaurer Magnesia. In einer solchen mergeligen Schicht beträgt dieses Carbonat 44,8, dagegen die kohlensaure Kalkerde nur 41,1 Proc. Auch der Muschelkalk von *Karlstadt* und von

---

*) Es ist erfreulich zu sehen, wie Plutonisten, welche aber dem Wasser sein Recht widerfahren lassen, sich hierüber erklären. „So gewifs, sagt Naumann (Geognosie B. 1. S. 803) der Quarzgang und der in seinen tieferen Theilen vorkommende Kalktalkspath durch Quellen gebildet worden sind, so gewifs dürfte auch die Umwandlung des Liaskalksteins der Einwirkung derselben zuzuschreiben sein.“

**) A. a. O.

*Hirschfeld* bei *Wippfeld* in *Franken* schliefst solche mergelige Schichten ein, welche, wenn auch nicht so bedeutende Mengen, doch 12 bis 18,4 Proc. kohlensaure Magnesia enthalten.

Solche mit festen Kalkbänken wechselnde mergelige Schichten können keine andere Entstehung haben, als diese Sedimente; sie können daher nicht von eingetrocknetem Meerwasser herrühren, wodurch die ganze Menge der kohlensauren Magnesia des Meerwassers hätte abgeschieden werden können. Sehr schwierig erscheint die Erklärung von der Bildung dieser mergeligen Schichten mit, zum Theil so grofsem Magnesiagehalte, da die sie einschliefsenden festen Kalkbänke durchschnittlich nur 1,5 Proc. kohlensaure Magnesia enthalten. Wie konnten sich, mufs man fragen, für verhältnifsmäfsig geringe Zeiträume (da diese mergeligen Schichten meist nur einige Zolle mächtig sind) die Verhältnisse im Meerwasser so ändern, dafs nach einem ziemlich reinen Niederschlage von kohlensaurem Kalk, auf einmal ein Niederschlag mit so hervortretendem Magnesiagehalte erfolgte, um bald wieder Niederschlägen von Muschelkalk Platz zu machen? — In den festen Kalkbänken kommen vorzugsweise die fossilen Ueberreste vor, besonders die Fischreste; doch finden sich auch zwischen den etwas stärkeren mergeligen Lagen fossile Mollusken. Veränderte Verhältnisse im Leben und Sterben der Meeresgeschöpfe scheinen also bei der Bildung dieser verschiedenen Schichten statt gefunden zu haben, und diefs widerstreitet nicht ihrer Entstehung durch organische Thätigkeit. Doch wir verfolgen diese Verhältnisse hier nicht weiter; wir behalten blofs den sehr ungleichen Gehalt an kohlensaurer Magnesia in den mergeligen Schichten und in den festen Bänken im Auge.

Zu den vielen, in diesem Werke bisher betrachteten Erscheinungen, welche uns auf die Nothwendigkeit geführt haben, Gesteine, seien es geschichtete oder nicht geschichtete, massige, so, wie sie jetzt zusammengesetzt sind, nicht für ursprünglich geschaffen halten zu dürfen, tritt in den an kohlensaurer Magnesia reichen Absätzen des Meeres nur ein neues Beispiel hinzu.

Nach dem dermaligen Standpuncte der Wissenschaft ist keine andere Erklärung zu geben, als dafs der bedeutende

Magnesiagehalt in jenen mergeligen Schichten, entweder durch Austausch des kohlensauren Kalkes im Gesteine gegen die kohlensaure Magnesia in den Gewässern, welche es durchzogen haben, oder dadurch entstanden ist, dafs die Gewässer vom kohlensauren Kalke bei weitem mehr aufgelöst und fortgeführt haben als von der kohlensauren Magnesia (S. 1136). Im ersten Falle würde sich Masse und Volumen der mergeligen Schichten nur sehr wenig, im letzten dagegen sehr bedeutend vermindert haben. Dafs dadurch in diesen ohnehin nur sehr dünnen Schichten keine Höhlenräume entstehen konnten, ist, wenn man bedenkt, dafs ein solcher Auslaugeprocefs so äusserst langsam und ruhig von Statten ging, dafs die darüber liegenden Schichten nachsanken, ohne merklich aus ihrer Lage zu kommen, leicht erklärlich. Vielleicht würden sich an Ort und Stelle Kennzeichen finden lassen, welche der einen oder der anderen Erklärungsweise eine gröfsere Wahrscheinlichkeit verliehen. Vielleicht dafs gerade die geringe Mächtigkeit dieser mergeligen Schichten mehr für die Metamorphose durch Auslaugung als durch Austausch spricht. Dafs noch viele Fragen zur Beantwortung übrig bleiben, übersehen wir nicht. Die Frage, warum gerade die mergeligen Schichten, nicht aber die festen Kalkbänke einer Veränderung erlagen, erklärt sich aus der derben, wasserdichteren Beschaffenheit der letzteren. Nach Dana giebt es jedoch in *Amerika* viele dichte Kalksteine, welche gleichfalls 30 bis 40 Proc. kohlensaure Magnesia enthalten. In den Departements *Bouches - du - Rhône*, *Var* und *Basses-Alpes* besteht die Mitte des Neocomien - Gebirges ganz aus körnigem Dolomit, dessen Schichtung sich ohne Unterbrechung mit der allgemeinen Richtung der Schichten verbindet, wie man diefs in riesenhaftem Maafsstabe in der Kette *de l'Etoile* und an mehreren anderen Puncten sieht*).

Auch Süfswasserkalke giebt es, welche reich an Magnesia sind. Leube **) zeigte, dafs ein dichtes, kreideähnliches Gestein bei *Dächingen* unweit *Ulm*, welches mit Schichten eines Süfswasserkalksteins verbunden ist, ganz genau die

*) Coquand im n. Jahrb. f. Min. 1843. S. 851.

**) N. Jahrb. f. Min. 1840. S. 372.

Zusammensetzung des Dolomit hat. Ein Kalksinter in der Nähe von *Tilsit* ist ebenfalls eine Art von Dolomit. Knapp*) fand in einem Süfswasserkalke aus der Braunkohlenformation bei *Rödgen* unweit *Giefsen*, 38 und 49,6 Proc. kohlensaure Magnesia.

Nach dem Obigen (S. 1125) können solche dolomitischen Bildungen auch dann nicht Absätze aus Quellen sein, wenn sie aus stagnirenden und nach und nach eintrocknenden Quellen entstanden sind; denn auch dann ist nicht zu begreifen, wie sich mit dem kohlensauren Kalke gleichzeitig so bedeutende Quantitäten kohlensaurer Magnesia hätten absetzen können.

In Spalten und Drusenräumen, wo die Gewässer an den Wänden herabsickern und nach und nach eintrocknen, sind dagegen an kohlensaurer Magnesia reiche Absätze von kohlensaurem Kalke zu erwarten. Solche Absätze fand Karsten **) in Klüften der Gypsberge bei *Lüneburg*, *Segeberg* und *Lübtheen*. Nach seinen Analysen mehrerer solcher zum Theil sehr bedeutender Kluftausfüllungen kommen darin beide Carbonate in den verschiedensten Verhältnissen (kohlensaure Magnesia von 4 bis 68 Proc. steigend) vor. Da Essigsäure, und selbst verdünnte Salzsäure, in der Kälte die Kalkerde vollständig auszieht und die kohlensaure Magnesia rein zurückläfst, so schliefst Karsten, dafs beide Carbonate nicht chemisch mit einander verbunden seien, sondern dafs sich jedes für sich aus der wässrigen Lösung krystallinisch abgeschieden habe.

Bei diesem Ergebnifs drängt sich von selbst die Frage auf, warum sich unter diesen Umständen keine Bitterspathkrystalle gebildet haben. Da den Carbonaten 5 bis 50 Proc. eisenhaltiges Thonerdesilicat beigemengt ist: so ist nicht unwahrscheinlich, dafs dessen Gegenwart die Krystallisation des Doppelcarbonats verhindert habe.

Drei von Karsten analysirte Varietäten von Muschelkalk bei *Lüneburg* lieferten folgende Resultate:

---

*) Liebig's und Kopp's Jahresber. 1847 und 1848. S. 1292.

**) Dessen Archiv B. XXII. S. 589 ff.

| | | | |
|---|---|---|---|
| In Säure unlöslicher Rückstand, gröfstentheils aus reinem Quarzsande bestehend . . . . . | 11,79 | 10,05 | 10,33 |
| Thonerde mit etwas Eisenoxyd . | 1,96 | 2,48 | 1,01 |
| Kohlensaure Kalkerde . . . . | 84,60 | 81,56 | 88,32 |
| Kohlensaure Magnesia . . . . . | 1,41 | 5,69 | 0,17 |
| Bitumen . . . . . . . . . | 0,24 | 0,22 | 0,17 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Zwei Dolomite, durch Umwandlung aus diesem Muschelkalk entstanden, hatten die Zusammensetzung:

| | I | II |
|---|---|---|
| Thonerdesilicat . . . . . . | 1,07 | 0,64 |
| Thonerde, etwas eisenhaltig . . | 12,38 | 19,30 |
| Kohlensaure Kalkerde . . . . | 46,81 | 43,26 |
| Kohlensaure Magnesia . . . . | 37,50 | 34,50 |
| Kohlensaures Eisenoxydul . . . | 2,24 | 2,30 |
| | 100,00 | 100,00 |

I im Bruche dicht, kleinkörnig und erdig.
II dichter thoniger Dolomit.

Theilt man das kohlensaure Eisenoxydul der kohlensauren Magnesia zu: so findet sich nahe das Verhältnifs gleicher Aequivalente Kalkerde- und Magnesiacarbonat. Erscheinen gleichwohl beide Dolomite dicht, thonig oder erdig: so ist mit gutem Grunde zu schliefsen, dafs jene Beimengungen die krystallinisch-körnige Ausbildung, und daher auch die Bildung von Bitterspathkrystallen verhindert haben.

Karsten fand, dafs die kohlensaure Magnesia in obigen Muschelkalksteinen niemals abgesondert werden kann, sondern selbst von der schwächsten Salzsäure mit der Kalkerde aufgelöst wird. Nur bei höchst langsamer Lösung in schwacher kalter Essigsäure gelingt es, die Lösung der kohlensauren Magnesia grofsentheils zu verhindern. Der Rückstand ist aber dann nicht, wie bei den Kluftausfüllungen im Gypse, kohlensaure Magnesia, sondern ein wahrer Dolomit. Der Muschelkalk ist daher ein Kalkstein, dem sehr veränderliche Quantitäten Dolomit beigemengt sind (S. 1105). Die gänzliche Abwesenheit von Bitumen in Dolomit hält Karsten

für einen Beweis, dafs der Muschelkalk beim Umwandlungsprocesse einer starken und anhaltenden Hitze ausgesetzt gewesen sein müsse.

Dagegen ist zu bemerken, dafs Karsten's Analysen kein kohlensaures Eisenoxydul im Muschelkalke, wohl aber im Dolomit nachweisen. Entweder ist daher das Eisenoxyd im Muschelkalke zu Oxydul reducirt worden, oder das kohlensaure Eisenoxydul ist bei der Umwandlung hinzugetreten. In jenem Falle war aber ein Reductionsmittel erforderlich, und dieses finden wir im Bitumen, welches, dadurch in Kohlensäure und Wasser zersetzt, verschwinden mufste.

Alle Erscheinungen sprechen für die Umwandlung des Kalksteins in Dolomit. Am *Luganer See* läfst sich der allmälige Uebergang der regelmäfsigen Kalksteinschichten in den völlig massigen Dolomit vorzüglich schön beobachten. Zuerst Magnesia-freier Kalkstein, dann durchzogen von kleinen Dolomitadern, hierauf Bitterspathkrystalle in kleinen Drusenräumen, nächst diesen sehr zerklüftet, und zuletzt, nachdem alle Spuren von Schichtung verschwunden, völliger Uebergang in Dolomit *). Auf der Insel *Man* und *Skye* stehen die Kalksteinschichten mit den Dolomitmassen in demselben Zusammenhange, wie mit körnigem Kalk **). Bei *Sinnatengrün* ist eine senkrecht stehende Kalksteinschicht von Dolomit, wie von einem Mantel umgeben ***). In *Nordwallis* fand mein Freund v. Dechen Kalksteine, die mit Dolomit so wechseln, dafs an denselben Stufen beide mit einander verwachsen vorkommen. Karsten †) fand an verschiedenen Enden desselben Stücks Dolomite von folgenden Zusammensetzungen:

| | | |
|---|---|---|
| Kohlensaure Kalkerde . . . | 63,27 | 57,75 |
| „ „ Magnesia . . | 35,97 | 41,32 |

Solche unzweifelhafte Uebergänge des Kalksteins in Dolomit lassen sich nur aus Umwandlungsprocessen erklären.

Viel Licht über Dolomitbildung verbreiten die genauen

---

*) Daubeny on Volcanos II. Ed. 8. 150.

**) De la Beche Geognosie von v. Dechen S. 575.

***) Nauck a. a. O. S. 134.

†) Dessen Archiv B. XVII. S. 65.

und schätzenswerthen Beobachtungen v. Klipstein's *) an den Dolomiten der *Lahn*-Gegenden **).

Fast alle diese Dolomite sind auf das Gebiet des Uebergangskalksteins beschränkt, in welchem sie unter mannichfachen Formen vorkommen. Bald durchsetzen sie ihn in unzweifelhaften Gangmassen, bald sind sie darin in kleinen Nestern, bald in gröfseren Massen oder Stöcken ***). An mehreren Stellen sieht man, wie sie den Kalkstein mehrfach gangförmig durchschneiden und sich dann theilweise über ihn gleichsam als Dach, 6 bis 8 Fufs mächtig, ausbreiten. In manchen Gängen ist der Dolomit in einem sehr zersetzten Zustande, der gegen den frischen Kalk des Nebengesteins stark contrastirt. Die Zersetzung ist gröfstentheils so weit vorgeschritten, dafs der Dolomit bei leiser Berührung in unzählige kleine Körnchen zerfällt, die unter der Lupe meist als Bitterspathrhomboëder erscheinen †). In anderen Gängen ist er fast überall im frischen Zustande, und nur da etwas zersetzt, wo er sich zu einer gemeinschaftlichen, den Kalkstein bedeckenden Masse vereinigt. Der zersetzte Dolomit trennt sich ziemlich scharf vom Nebengestein ab; der frische verzweigt sich aber in einzelnen Körnchen oder auch

---

*) Karsten's u. v. Dechen's Archiv f. Min. u. s. w. B. XVII. S. 265 ff.

**) Dem Verf. verdanken wir auch im Juragebiete der *Donau*-Gegenden über Dolomite angestellte Beobachtungen (Ebend. B. XVI. Heft 2.). Dieselben haben in ihrem räumlichen Verhalten viel Analoges mit den hier in Rede stehenden Dolomiten. Doch sind die Erscheinungen der Dolomite in den *Lahn*-Gegenden bestimmter und entschiedener.

***) Auch v. Strombeck (Karsten's Archiv f. Min. u. s. w. B. VIII. S. 488 ff.) und Abich (a. a. O. S. III) sahen im Kalksteine solche gangförmige Bildungen in verticaler Richtung: jener am *Kahlen-Berge* bei *Echte*, zwischen *Göttingen* und *Braunschweig*, dieser im Thale von *Tramonte*.

†) L. v. Buch machte schon auf diese Zersetzungsart des Dolomit aufmerksam. Da sich in demselben die kleinen Rhomboëder nur an wenigen Stellen berühren (S. 1102), so wird dieser Zusammenhang ziemlich leicht aufgehoben und die Masse zersetzt sich in, dem Sande ähnliche Körnchen.

in kleinen Parthien im Kalksteine. Zunächst der Grenze finden sich Einschlüsse eines höchst feinkörnigen, nur sehr schwach magnesiahaltigen Gesteins, aus dem kleine, dichte Nester hervortreten, welche sich, besonders in der Mitte, vom Uebergangskalke nicht unterscheiden, und sogar die so häufig durch denselben verbreiteten, in Kalkspath verwandelten Trochyten des *Cyalocrinites pinnatus* erkennen lassen.

Während die gangförmigen Dolomitmassen von senkrecht in die Tiefe setzenden, bis mehrere Fufs mächtigen Spalten durchschnitten werden, zeigt der Kalkstein in dieser Beziehung nichts Auffallendes. Eine solche Spalte liefs sich bis zu beträchtlicher Tiefe verfolgen und schien sich, nach dem Schalle hineingeworfener Steine zu urtheilen, zu einer Höhle zu erweitern *). Von diesen gröfseren senkrechten Spalten aus zertheilt sich die ganze Masse vielfältig, und die Zerklüftung ist besonders in dem obern, den Kalkstein bedeckenden Dolomit so stark, dafs er in lauter kleine kantige Stücke getrennt erscheint.

An einer Stelle ziehen sich von einer über Tage zusammenhängenden, den Kalkstein zum Theil bedeckenden Dolomitmasse mehrere Dolomitgänge in denselben, die sich nach unten verengen und als schmale Spalten in die Tiefe setzen. Einige dieser Spalten sind bald mit unreinem Wad, bald mit zersetztem, stark mit Mangan imprägnirten Dolomit erfüllt. Der obere Theil dieser Dolomitmasse umschliefst mehrere gröfsere Kalknester. An einer andern Stelle finden sich umgekehrt Dolomitnester im Kalksteine, und hier schliefsen auch Dolomitgänge gröfsere Kalkfragmente ein.

Den dortigen Dolomiten ist Mangan, wie schon ihre verschiedenen Färbungen zeigen, in sehr abweichenden Verhältnissen beigemengt. Diese Mangandolomite sind ausgezeich-

---

*) L. v. Buch führt in seinen Beschreibungen der Dolomite diese bedeutende senkrechte Zerklüftung gleichfalls als etwas characteristisches an. So senkrecht sind diese Spalten im *Rauhkofel*, sagt er (Geognost. Briefe, herausgegeben von Leonhard 1824. S. 186), dafs man von der *Leisacher* Alp, auf dem Wege nach *Lienz*, 1200 Fufs nur auf Treppen im festen Gesteine hinunter steigt.

net durch häufige, manchmal mehr als kopfgrofse Drusenräume, deren Wände Bitter- und Kalkspathkrystalle auskleiden. Wad oder Pyrolusit überziehen häufig diese Krystalle in sehr dünnen Rinden; beide, besonders der letztere, kommt aber auch rein ausgeschieden in den Drusen vor. Das Auftreten von Manganerzen in jenen Gegenden beschränkt sich auf den Dolomit, und bietet interessante Verhältnisse.

In der *Linder* Mark ist eine gröfsere flache Mulde im Uebergangsgebirge mit plastischem Thon erfüllt, der gröfstentheils oder ganz auf Dolomit liegt und eine reiche Lagerstätte von Manganerzen einschliefst. Dieser Dolomit ist ganz besonders zur Ausscheidung von Bitterspathrhomboëdern geeignet. Dieselben kleiden nicht blofs die Wände der unzähligen Drusenräume, sondern auch die meisten Kluftflächen aus, und ziehen sich oft tief in die Masse des Gesteins hinein. Dieser Dolomit ist ferner von Manganerzen (Pyrolusit und Wad) durchdrungen, welche theils eingesprengt sind, theils die Drusen- und Kluftwände überziehen, theils sich in ansehnlichen Parthien durch das ganze Gestein verbreiten. Zwischen dem plastischen Thone und dem Dolomit schiebt sich eine durchschnittlich 1 Fufs mächtige Lage zersetzter mulmiger Manganerze ein. Unter dieser Lage ist der Dolomit am stärksten mit Mangan imprägnirt, und die Bitterspathrhomboëder, deren ursprüngliche Substanz verdrängt ist, sind damit erfüllt. Die Gesteinsmasse selbst ist aber eben so in Mangan umgewandelt und befindet sich meist in einem, von der Manganerzlage selbst kaum zu unterscheidenden zersetzten Zustande.

Dolomitgänge und Dolomitnester im Kalksteine *) und Kalknester im Dolomit: eine solche Verknüpfung eines krystallinischen Gesteins mit einem dichten läfst sich mit der Vorstellung einer gleichzeitigen sedimentären Bildung nicht vereinigen. Wir werden daher abermals auf Umwandlungsprocesse geführt.

In Klipstein's Abhandlung spuken nicht blofs Mag-

*) Forchhammer (a. a. O.) fand auch Dolomitkugeln in sandartigem Kalke.

nesia- sondern auch Manganerzdämpfe so sehr, dafs man bange wird, es könnte sich einmal unter unsern Füfsen Alles in Dampf umwandeln. Es wird indefs nicht gesagt, woher, nachdem diese Dämpfe sich condensirt hätten, die Kohlensäure gekommen wäre, um die Magnesia in Carbonat umzuwandeln, und wie der Sauerstoff hinzugetreten wäre, um das Manganoxyd zu Superoxyd zu oxydiren? — Oder sollten die Vertheidiger solcher Ansichten eine Kraft in petto haben, welche die Kohlensäure an die dampfförmige Magnesia und den Sauerstoff an das dampfförmige Manganoxyd bannt? —

Es ist das Eigenthümliche solcher Hypothesen, nicht bei den Beobachtungen stehen zu bleiben, sondern über sie hinauszugehen. „Obwohl, sagt v. Klipstein, verschiedene gegen die Tiefe sich verzweigende Dolomitparthien nicht in Spalten fortsetzen: so würden wir uns in der Ueberzeugung einer von unten herauf wirkenden, den Dolomit erzeugenden Kraft keineswegs beengt fühlen, auch selbst nicht einmal, wenn keine der übrigen, ungleich tiefer sich erstreckenden Räume eine Spaltenfortsetzung zeigte, indem eine Verbindung der Masse mit der Tiefe nicht gerade aus einem gegebenen Profil sich zu ergeben nöthig hat, sondern auch an jedem andern Puncte statt finden kann."

Einen andern Sinn können wir in diesen Worten nicht finden, als dafs durch eine heberartige Verbindung die Dämpfe in einem entfernten Canale aufgestiegen wären, und sich in, nach unten sich auskeilende Spalten hinabgesenkt hätten. Statt solcher, sehr wenig wahrscheinlicher, heberförmiger Verbindungen, halten wir dafür, dafs es nichts anders als Gewässer waren, welche die Dolomitisirung von oben nach unten bewirkt haben. Die Schwierigkeit, warum nur an gewissen Stellen die Umwandlung erfolgte, an andern nicht, trifft Klipstein's Ansicht in viel höherem Grade, als die unsrige. Eine von unten herauf, wie von oben herab wirkende Ursache fordert Canäle; welche in jenem Falle, wie wir eben bemerkt haben, auf und nieder und in die Quere hätten gehen müssen, während sie in diesem Falle blofs in der Richtung zu gehen brauchten, in der wir die Dolomitgänge niedergehen sehen. Waren es aber Gewässer, welche die Umwandlung bewirkt haben: so brauchen wir nicht einmal

offene Canäle, sondern blofs vorauszusetzen, dafs der Kalkstein da, wo er in Dolomit umgewandelt ist, vom Wasser leichter durchdringbar war, als an anderen Stellen. Dafür, dafs ein Gestein hier mehr, dort weniger durchdringbar ist, haben wir wohl keine Belege mehr beizubringen. Der angeführte Umstand, dafs der Dolomit in manchen Gängen sehr zersetzt, in andern sehr frisch ist, liefert übrigens einen solchen Beleg. — Was kann es anders sein, als dafs in jenen Gängen die Gewässer leichtern Zutritt hatten und daher mehr zersetzend wirkten, als in diesen? —

Das Eindringen der Gewässer in gröfserer oder geringerer Menge ist durch die Configuration der Oberfläche des Kalkgebirges bedingt. In Mulden dringt bei weitem mehr Wasser ein, als auf Sätteln. In den trichterförmigen Vertiefungen der im Kalkgebirge so häufigen Erdfälle (B. I. S. 25) sammelt sich die gröfste Menge der auf dieser Fläche niedergehenden Meteorwasser in der Spitze derselben *). Wenn ein Erdfall, wie der dort angeführte, 150 Fufs im Durchmesser hat: so gehen auf einer solchen Fläche jährlich ungefähr 50000 Cubikfufs Meteorwasser nieder, welche einen Kalkstock durchdringen, dessen Querschnitt vielleicht noch nicht $\frac{1}{100}$ von jener Fläche ist **). Lösen diese Gewässer kohlensauren Kalk und lassen Dolomit zurück: so können, wenn der Gehalt an kohlensaurer Magnesia nicht unbedeutend ist, nicht unbedeutende Massen Dolomit entstehen. Er kann sich aber nicht blofs durch ein solches Auswaschen bilden, sondern auch dadurch, dafs die Gewässer, nachdem sie den kohlensauren Kalk fortgeführt haben, auch den dolomitischen

*) v. Gansauge (Poggend. Ann. B. LI. S. 293) bemerkt, dafs auf dem *Karst*, im Kalkgebirge der Gegend von *Triest*, die Spuren starker Regenschauer in verhältnifsmäfsig sehr kurzer Zeit verschwinden, während in den *Adelsberger* Grotten am vermehrten Abtröpfeln der Stalactiten mit Sicherheit zu erkennen ist, dafs es ausserhalb stark geregnet hat.

**) Petzholdt (Beitr. zur Geogn. von *Tyrol* S. 208) führt an, dafs im *Etschthale*, wo senkrechte Spalten den Kalkstein durchsetzen, am unteren Ende derselben mächtige Schutthaufen von Sand und Gebirgstrümmern angehäuft sind.

Rückstand aus den oberen Teufen den unteren zuführen und hier durch Austausch gegen kohlensauren Kalk den Kalkstein in Dolomit umwandeln. So ist denkbar, wie alle kohlensaure Magnesia in dem verschwundenen umgekehrten Kegel des Erdfalls zur Dolomitisirung verwendet wird, und man begreift, wie auf diese Weise Dolomitstöcke im Kalksteine entstehen können. Liegen, wie auf dem Kreidegebirge des *Teutoburger Waldes* (B. I. S. 28) eine Reihe von Erdfällen in derselben Richtung hinter einander: so können sich selbst weit fortstreichende Dolomitgänge bilden.

Nicht blofs die Höhlen im Kalkgebirge (B. I. S. 26), sondern auch heftige Regengüsse veranlassen Erdfälle, wenn der Kalkstein von einer mächtigen Lage von zerfallenem Kalk bedeckt ist. Man hat diefs auf dem *Haargebirge*, welches den *Teutoburger Wald* begrenzt, beobachtet, und mittelst abgeteufter Schächte unter der Spitze der trichterförmigen Vertiefungen die Klüfte gefunden, in welche der zerfallene Kalk durch die Regenwasser geführt wurde. Auf diese Weise können die Klüfte im Kalksteine wieder zugefüllt werden. Dringen dann neue Gewässer in geringeren Mengen durch solche lose Massen: so sind die Bedingungen zur Dolomitbildung theils durch Auswaschen des kohlensauren Kalks, theils durch Austausch der aufgelösten kohlensauren Magnesia gegen kohlensauren Kalk um so günstiger. Führen nämlich neue starke Regengüsse neue Quantitäten zerfallenen Kalks aus den sich nach und nach erweiternden Erdfällen in die Klüfte: so schreitet die Dolomitbildung fort. Ein sehr oft wiederholter Wechsel von starken und schwachen Regengüssen bewirkt einen eben so häufigen Wechsel von mechanischer Zuführung kohlensauren Kalks und Fortführung desselben im aufgelösten Zustande. Es ist daher sehr wohl zu begreifen, wie dadurch ursprüngliche Klüfte oder Spalten im Kalkgebirge mit Dolomit ausgefüllt, und Dolomitstöcke oder Dolomitgänge gebildet werden.

Es ist klar, wie durch solche mechanische und chemische Wirkungen der Gewässer nach und nach grofse Massen des Kalkgebirges abrasirt werden und dadurch immerfort kohlensaure Magnesia zu fortgesetzter Dolomitbildung geliefert wird. Man begreift, wie aus mächtigen Bedeckungen mit kohlen-

saurer Kalkerde, die durch Zerfallen des Kalksteins entstanden ist, zusammenhängende Dolomitmassen, welche sich über früher gebildete Dolomitgänge ausbreiten, entstehen können; denn in loser kohlensaurer Kalkerde kann sich um so leichter durch blofses Auswaschen des kohlensauren Kalks Dolomit bilden, da jedes Kalkstäubchen der Wirkung der durchdringenden Gewässer ausgesetzt ist, und da lose Massen nachsinken und ein Continuum immer wieder herstellen.

Die Seitenwände der Erdfälle zeigen sehr weite, gröfstentheils mit kohlensaurer Kalkerde erfüllte Klüfte und Verschiebungen der gröfseren oder kleineren, durch diese Klüfte getheilten Kalkblöcke (B. I. S. 26). Im Mittelpuncte der vielen trichterförmigen Vertiefungen in dem grofsen Kalkgebirge der *illyrischen* und *dalmatischen* Küsten findet man die von Seitenwänden abgerissenen Felsstücke über einander getrümmert (B. II. S. 1087). Diefs stimmt mit den schon von Heim *) beschriebenen zertrümmerten und verschobenen Schichten des Rauhkalksteins in der Gegend von *Meiningen*.

Der Einwendung, die man vielleicht machen möchte, dafs Rauhkalkstein oder Dolomit stets unter solchen trichterförmigen Vertiefungen vorkommen müfsten, wenn unsere Erklärung von der Bildung derselben die richtige wäre, begegnen wir dadurch, dafs, wenn auch alle Bedingungen zur Dolomitbildung vorhanden sind, der Magnesiagehalt im Kalksteine aber gänzlich fehlt, oder doch nur ein Minimum beträgt, selbstredend kein Dolomit entstehen kann, und dafs natürlich unter Vertiefungen im Kalkgebirge, welche jetzt entstehen oder vor kurzem entstanden sind, erst nach langen Zeiträumen eine solche Umwandlung wahrnehmbar werden wird. Wir schliefsen blofs, dafs da, wo Dolomitstöcke oder Dolomitgänge im Kalkgebirge vorkommen, in früheren Zeiten Verhältnisse statt gefunden haben mögen, wie wir sie in der Jetztzeit in den Vertiefungen der Kalkgebirge antreffen. Was man übrigens finden würde, wenn man in uralten Vertiefungen bis zu den unter ihnen liegenden Höhlen Schächte abteufte, wissen wir nicht. Die Höhlen bei *Muggendorf* u. s. w. befinden sich aber im Dolomit (S. 1101). Hier liegt daher

---

*) Naumann's Geognosie B. I. S. 800.

die Vermuthung nahe, daſs man den Dolomit auch über dem Gewölbe dieser Höhlen weit aufwärts würde verfolgen können, wenn man Schächte nach denselben abteufte. Die zahlreichen Höhlen der *Würtembergischen Alp* liegen dagegen, nach Schübler *), im dichten Jurakalk. Sowohl in den höhern,

*) Kastner's Archiv B. V. S. 11. Schübler führt mehrere Umstände an, welche es höchst wahrscheinlich machen sollen, daſs wenigstens die erste Ursache der Höhlenbildung nicht von Auswaschungen des Gebirges herrühre. In Folge des Austrocknens der über das Meer erhobenen Kalkschichten und der dadurch bewirkten Zusammenziehung sollen Risse, Sprünge und selbst ganze Spalten entstanden sein, welche die horizontalen Schichten quer von oben nach unten getrennt haben. Eben so sollen Erderschütterungen und vulkanische Emporhebungen gleichfalls zur Spaltenbildung mitgewirkt haben.

Wenn sich allerdings durch Ursachen solcher Art Spalten gebildet haben mögen, so ist doch nicht einzusehen, wie durch solche Wirkungen locale Erweiterungen entstehen konnten. Die Schichten des Jurakalks sind in verschiedenen dieser Höhlen horizontal über einander liegend, aber senkrecht durchbrochen, in anderen sind sie geneigt und an einzelnen Stellen gleichfalls senkrecht gespalten und bilden ein groſses, natürliches Gewölbe. Die Durchschnitte einiger Höhlen der *Würtembergischen Alp*, welche der Abhandlung Schübler's beigefügt sind, zeigen deutlich, daſs die Schichten bei der Höhlenbildung unalterirt geblieben sind; denn überall setzen sie in gleicher, meist horizontaler Lage an den entgegenstehenden Wänden der Höhlen fort. Hätten aber gewaltsame Wirkungen statt gefunden: so müſsten Verwerfungen wahrzunehmen sein; denn die, die Höhlen begrenzenden Schichten können doch nicht in gleicher Lage, wie durch einen Keil fortgeschoben worden sein? — Die gewaltsamen Zerstörungen und Zerspaltungen im Innern der Höhlen, die oft in groſsen Massen auf dem Grunde derselben liegenden Bruchstücke haben gewiſs keine andere Ursache, als daſs die rings umher losgewaschenen Kalkmassen sich ablösten und herabstürzen. Es bleibt daher wohl keine andere Erklärung übrig, als daſs diese, wie alle Höhlen, durch Auswaschungen entstanden sind. Eine Spaltenbildung muſs freilich vorhergegangen sein; denn Kanäle muſsten vorhanden gewesen sein, welche die Gewässer zugeführt haben. Spaltenbildung ist aber eine allgemeine Erscheinung in Gebirgsgesteinen; für die Spalten im Kalkgebirge brauchen wir daher keine besonderen Ursachen anzunehmen.

als in den tieferen Schichten sind sie gewöhnlich unabhängig vom Dolomit, seltener mit ihm gemeinschaftlich.

Wenn es gewifs keinem Zweifel unterliegt, dafs die im *Fassa*-Thal hoch emporstrebenden Zacken, Pyramiden und Obelisken aus Dolomit die Reste vormals zusammenhängender Kalkgebirge sind, und dafs ihre Höhen mindestens die ehemalige Mächtigkeit dieser Gebirge bezeichnen; wenn man die grofsen Räume zwischen diesen Zacken mit der Masse der Dolomite vergleicht: so gewinnt man eine Schätzung der Kalkmassen, welche im Laufe der Zeit zerstört und fortgeführt worden sind, und die unzweifelhaft bei weitem mehr, als das noch Vorhandene betragen haben. Man begreift daher die Möglichkeit, wie selbst ein geringer Magnesiagehalt in diesen Kalkmassen Material zu den Dolomiten liefern konnte. Auch dann noch begreift man diese Möglichkeit, wenn jene Zwischenräume minder bedeutend sind; aber die Höhe des ursprünglichen Kalkgebirges viel höher war, als die höchsten der jetzt emporragenden Dolomitzacken. Kaum kann man eine andere Vorstellung gewinnen, als dafs diese Zacken als Stöcke oder Gänge in geschlossenem Kalkgebirge gebildet, und durch die Fortführung der umgebenden, nicht dolomitisirten Kalkmassen isolirt worden sind.

Solche Zerstörungs- und Umwandlungsprocesse können, wie die Erdfälle, durch die Meteorwasser, aber auch unter dem Meere statt gefunden haben. In beiden Fällen wird der kohlensaure Kalk, den wir vermissen, wieder dem Meere zugeführt worden sein; denn das ist das Eigenthümliche der aus Carbonaten bestehenden Gebirge, dafs ihre ganze Masse, nur das Eisen und die Silicate zum Theil ausgenommen, wieder im löslichen Zustande in das Meer zurückkehrt, während von anderen Gesteinen, vom Thonschiefer, von krystallini-

Darin zeigt sich jedoch ein Unterschied zwischen dem Kalkgebirge und dem Schiefer- und Sandsteingebirge, dafs die Bestandtheile des ersteren im Wasser löslich sind und daher ganz oder wenigstens gröfstentheils von Gewässern fortgeführt werden, während die Bestandtheile der letzteren nur theilweise löslich oder zersetzbar durch Gewässer sind. Daher finden sich auch die Höhlen, mit seltenen Ausnahmen, nur im Kalkgebirge.

schen Gesteinen u. s. w. nur ein geringer Theil in Wasser gelöst, der gröſste hingegen bloſs darin suspendirt, in dasselbe gelangt.

Bei den Carbonaten ist der Kreislauf aus dem Flüssigen in das Feste und aus diesem wieder in das Flüssige u. s. w. viel schneller, als bei andern Gesteinen; denn der heute aufgelöste kohlensaure Kalk kann schon morgen von der Auster wieder in den festen Zustand zurückgeführt werden, während das heute in Auflösung in das Meer gelangende kieselsaure Kali oder die in Suspension hineingeführte kieselsaure Thonerde unberechenbare Zeiträume brauchen, um wieder einen Feldspath zu bilden. Weil der Wechsel in den Aggregatformen des kohlensauren Kalks in so kurzen Zeiträumen von Statten geht: so können die groſsen Massen Wassers, welche zur Auflösung ganzer Kalkgebirge erforderlich sind, uns nicht in Verlegenheit setzen; denn der Wassertropfen, welcher heute seinen kohlensauren Kalk der Auster abtritt, kann, durch Verdunstung dem Lande zugeführt, in wenigen Tagen, mit einer neuen Menge dieses Carbonats beladen, wieder in das Meer zurückkehren. Eine Wassermasse, gleich dem Gewichte eines Kalkgebirges, wird, wenn man sich vorstellt, daſs sie, durch Verdunstung 5000 Mal aus dem Meere zurückkehrend, als Regen auf das Gebirge niederfällt, und davon nur soviel auflöst, als sich kohlensaurer Kalk in der *Lippe* und *Alme* findet (B. I. S. 25), das ganze Kalkgebirge fortführen. Während die ersten Schichten einer Korallenbank sich absetzen, kann der kohlensaure Kalk, aus welchem sich die letzten bilden, noch ein Bestandtheil eines Kalkgebirges sein.

Sind daher Gründe zur Annahme vorhanden, daſs die Dolomitisirung eines Kalkgebirges über dem Meere statt gefunden habe: so können die groſsen Wassermassen, welche zur Fortführung des kohlensauren Kalks und der dadurch bewirkten Concentration der kohlensauren Magnesia erforderlich waren, kein Anstand sein.

Den Kalksteinmassen gegenüber, sagt v. Klipstein, bildet das Zerrissensein und zumal die senkrechte Zerspaltung des Dolomit einen so auffallenden Contrast, daſs sich dadurch allein schon der Gedanke an eine von unten herauf wirkende Kraft unwillkührlich aufdringt. Aber welche Kraft soll dieſs

sein? Sollen etwa die gespannten Magnesiadämpfe einen Kalksteinstock so heraustreiben können, wie das Schiefspulver den Ladstock aus einem Feuergewehr? (B. II. S. 772.) Dämpfe von grofser Expansivkraft würden wohl, wie Schiefspulver, Felsen sprengen, nimmermehr aber durch Herausschleudern von Kalksteinprismen Spalten bilden können. Wären jedoch durch irgend eine Ursache Spalten entstanden: so würde nicht zu begreifen sein, warum sie nicht nach der Magnesia-Dampf-Explosion wieder zugedrückt worden wären; denn mit Aufnahme von Magnesia hätte ja der Kalkstein an Masse und an Volumen zunehmen müssen. Wer freilich, wie Karsten, Calciumdämpfe durch Magnesiumdämpfe austreiben läfst und daraus die Bildung der weit verbreiteten staubartigen Kalkmassen erklärt *), der wird in den Spalten der Dolomite noch die Canäle erblicken, durch welche die Dampf-Revolution ihren Weg genommen hat. Wie endlich die Magnesiadämpfe dahin hätten gelangen können, wo sich jetzt Dolomitnester im Kalksteine finden, diefs zu erklären, ist v. Klipstein schuldig geblieben. Dafs aber Gewässer locale Veränderungen und Umwandlungen hervorbringen können, darüber finden sich in diesem Werke viele Beispiele. Unter andern erinnern wir an die ochergelben Flecken im Basalt (B. II. S. 339 und 722).

Grandjean **), welcher die Dolomite und Braunstein-Lagerstätten im untern *Lahn*-Thale untersuchte, bemerkt, dafs sich hier dieselben Erscheinungen, wie in den oberen *Lahn*-Gegenden, nach v. Klipsteins Beschreibung, zeigen. Wo die Zerklüftungen und Absonderungen der flach geneigten Kalklager das Eindringen der Atmosphärilien begünstigt haben, scheint sich die Dolomitisirung besonders geltend gemacht zu haben. Die diesem Eindringen durch ihre schutzlose oder höhere Lage am meisten ausgesetzten Kalkbänke zeigen die Fortschritte der Dolomitisirung am meisten; keine oder doch nur eine geringe Veränderung ist dagegen bei den untern Kalklagern wahrzunehmen. Der Dolomit und die ihm zunächst liegenden, theilweise schon angegriffenen Bänke im

---

*) A. a. O. S. 571.

**) A. a. O.

Haupt-Dolomit-Gebiete der untern *Lahn*-Gegend ist von zahlreichen Sprüngen, Klüften und Höhlen durchsetzt, und bei fortschreitender Umwandlung scheidet sich aus ihm das Färbende, Eisen und Mangan aus. Diese Ausscheidungen überziehen die Wände der Klüfte stalactitenartig. Auch ein Theil des Kalkgehaltes des Gesteins scheidet sich auf diese Weise in hohlen Räumen in Kalkspathkrystallen ab.

Wo der Braunstein und Brauneisenstein bergmännisch gewonnen werden, findet eine Ueberlagerung verschiedener Thonschichten statt, deren Mächtigkeit zwischen einigen Fufs bis zu 15 Lachter wechselt, und hier stimmen die Verhältnisse ganz mit denen in den obern *Lahn*-Gegenden überein. Da man die im Kalksteine, in Folge der Dolomitisirung vorgehenden Veränderungen von den ersten Anfängen bis zum Zerfallen in eine thonige Masse, nicht selten sogar an denselben Kalkblöcken verfolgen kann: so schliefst Grandjean, dafs das Gestein da, wo die Tagewasser, durch ein flaches Terrain begünstigt, anhaltend auf dasselbe einwirken, in Thon umgewandelt wurde.

Einen von demselben mir gefälligst mitgetheilten Uebergangskalkstein aus dem dortigen Dolomitgebiete von *Tiefenbach*, fand ich zusammengesetzt aus

| | |
|---|---|
| Kohlensaurer Kalkerde . . . . . . . . | 69,00 |
| Kohlensaurer Magnesia . . . . . . . . . | 2,34 |
| Kohlensaurem Eisenoxydul, manganhaltig . | 8,18 |
| In Säuren unauflöslichem Thon . . . . | 20,43 |
| | 99,95 |

Das Eisen wurde als Carbonat berechnet, obgleich es gröfsten Theils als Oxyd vorhanden war. Ein solcher Kalkstein läfst, nachdem die erdigen Carbonate durch kohlensaure Gewässer extrahirt worden, 26,07 Proc. eisenhaltigen Thon zurück; denn das kohlensaure Eisenoxydul wird, wenigstens gröfsten Theils, vom Sauerstoffgas in den Gewässern zu Eisenoxydhydrat oxydirt worden sein.

Nach einem vorliegenden, von Grandjean entworfenen Profil ist die Lagerungsfolge von oben nach unten: 1) Thon, 2) gefärbter Thon, 3) Braunstein-Concretionen, 4)

Dolomit, 5) Kalkschichten. Im Thon befinden sich Einsenkungen, welche wahrscheinlich mit den Höhlen im Kalksteine correspondiren. Gegen die Ansicht, dafs dieser Thon der Rest des ausgelaugten Kalksteins sei, ist um so weniger etwas zu erinnern, da in demselben Gesteinsreste mit gleichen Versteinerungen, wie im Kalksteine vorkommen. Durch jene Höhlen haben die mit kohlensaurem Kalk beladenen Gewässer ihren Abflufs genommen. Die gleichfalls fortgeführte kohlensaure Magnesia mag indefs zur Dolomitisirung der Kalkschichten verwendet worden sein, was um so wahrscheinlicher ist, da diese Dolomitschichten häufig nur einige Fufs mächtig sind, und darunter die Kalkschichten im festen unalterirten Zustande folgen.

Grandjean's Ansicht von der Bildung des Dolomit durch Fortführung des überschüssigen kohlensauren Kalks (S. 1112) findet ihre Begründung in dem Verhalten magnesiahaltiger Kalksteine zu verdünnter Essigsäure (S. 1105); denn wenn durch diese nur kohlensaurer Kalk ausgezogen wird: so ist dasselbe noch mehr von Gewässern zu erwarten, welche blofs die geringe Menge atmosphärischer Kohlensäure enthalten. Gleichwohl stellte ich folgende Versuche an.

Zwei Rauhkalksteine von *Stadtbergen*, ein schmutzig gelblicher (A) und ein schwarzer (B), die folgende Zusammensetzung hatten

| | (A) | | (B) |
|---|---|---|---|
| Kohlensaure Kalkerde | 98,22 | | 84,37 |
| Kohlensaure Magnesia | 1,32 | | 11,54 |
| Eisenoxyd . . . . | 0,17 | Kohlens. Eisenoxydul | 1,15 |
| Eisenoxydsilicat . . | 0,51 | Kieselsäure u. Kohlenstoff | 1,36 |
| | 100,22 | | 98,42 |

und der B. II. S. 821 angeführte Sphärosiderit (C), welcher mehr kohlensaure Magnesia, als kohlensaure Kalkerde enthielt, wurden fein gepulvert in Wasser eingerührt, durch welches Kohlensäuregas 24 Stunden lang strömte. Die vom Rückstande abfiltrirte Flüssigkeit zur Trockne abgedampft bestand aus

| | Lösung von | | |
|---|---|---|---|
| | A | B | C |
| | 9534 Gr. | 6660 Gr. | |
| Kohlensaurer Kalkerde | 2,93 | 4,29 | 68,97 |
| Kohlensaurer Magnesia | schwache Spur | keine Spur | 17,24 |
| Kohlensaurem Eisenoxyd | „ | „ | 13,79 |
| | | | 100,00 |

Mit Kohlensäure gesättigtes Wasser löst also aus Kalksteinen gar keine oder doch nur schwache Spuren kohlensaurer Magnesia auf, selbst wenn deren Menge bis auf 11,5 Proc. steigt. Noch viel weniger ist daher von Meteorwassern, welche eine viel geringere Menge Kohlensäure enthalten, eine Wirkung auf die kohlensaure Magnesia in den Kalksteinen zu erwarten. Es ist daher unzweifelhaft, dafs sich durch die auflösende Wirkung der Gewässer, seien es Meteor- oder Meerwasser, welche Kalksteine durchdringen und auswaschen, die kohlensaure Magnesia in den zurückbleibenden Kalkmassen mehr und mehr concentrirt, und es steht der Annahme nichts entgegen, dafs diese Extraction endlich bis zu gleichen Aequivalenten kohlensaurer Magnesia und kohlensaurer Kalkerde fortschreiten, und demnach Dolomit gebildet werden kann.

Auch aus dem Sphärosiderit, der, weil aus einem Drusenraume, eine rein chemische Bildung ist, zog das kohlensaure Wasser 4 Mal so viel kohlensauren Kalk, als kohlensaure Magnesia aus. Wenn aber hier eine so namhafte Menge kohlensaurer Magnesia ausgezogen wurde: so ist wohl zu schliefsen, dafs sie, wie die kohlensaure Kalkerde, durch organische Thätigkeit abgeschieden, viel schwerlöslicher ist, als wenn sie auf chemischem Wege abgeschieden wird.

Bei einer solchen Umwandlung des Kalksteins in Dolomit nimmt die Masse des ursprünglichen Kalksteins um so mehr ab, je weniger derselbe Magnesia enthält. Kalksteine, welche, wie der obige, nur 2,34 Proc. kohlensaure Magnesia enthalten, können nur 5,1 Proc. Dolomit geben, und enthalten sie, wie diese, 26,07 Proc. eisenhaltigen Thon: so würde ein Gestein entstehen, welches nicht mehr Dolomit genannt werden könnte. Dafs geringe Mengen von Silicaten beim Um-

wandlungsprocefs fortgeführt werden können, haben wir gesehen (S. 1114), dafs aber eine so bedeutende Menge Thonschiefermasse, wie in diesem Kalksteine, vollständig ausgeschieden werden sollte, ist nicht wahrscheinlich. Die Umwandlung des Kalksteins in Dolomit durch Extraction des gröfsten Theils des kohlensauren Kalks ist daher mit Wahrscheinlichkeit nur bei reinen Kalksteinen anzunehmen.

Schon Heim führt an, dafs der Rauhkalkstein in der Gegend von *Meiningen* stark mit Kalkspath durchwachsen sei. Klipstein, Grandjean und Sandberger erwähnen Kalkspathkrystalle in Drusenräumen der Dolomite. Volger *) spricht von Kalkstalactiten in den Höhlen und Klüften der Dolomitgebirge und vom Kalktuff am Fufse derselben. Da diefs mit den Bitterspathkrystallen in Drusen und Höhlen des *Tyroler* Dolomit, wodurch derselbe besonders characterisirt ist, contrastirt: so möchte man vermuthen, dafs die Dolomite mit Kalkspathdrusen noch im Werden begriffen sind, dagegen die mit Bitterspathdrusen ihre Bildung vollendet haben.

Chemische Analysen von Dolomiten mit Kalkspath und mit Bitterspath dürften hierüber entscheiden. Sollten sich jene der Zusammensetzung II, diese der Zusammensetzung I (S. 1103) nähern: so würde sich jene Vermuthung begründen lassen; denn jener müfste 1 At. kohlensauren Kalk verlieren, um die normalmäfsige Zusammensetzung aus gleichen Aequivalenten Kalk- und Magnesiacarbonat zu erreichen. Aus Dolomiten von dieser Zusammensetzung ziehen aber die Gewässer nicht mehr kohlensauren Kalk aus, sondern sie lösen davon unzersetzte Masse auf, und setzen das Aufgelöste als Bitterspath von derselben Zusammensetzung wieder ab. Von Interesse würde auch die Prüfung der Kalkspäthe in Drusen von Dolomiten auf Magnesia sein.

Combiniren wir alle diese Verhältnisse: so wird es sehr wahrscheinlich, dafs Kalksteine, wenn sie wenig oder keine Silicate enthalten, aber reich an Magnesia sind, durch Auslaugen des gröfsten Theils ihres kohlensauren Kalks an Ort und Stelle in Dolomite umgewandelt werden können.

Das an den Dolomit geknüpfte Auftreten der Manganerze

*) Poggend. Ann. B. LXXIV. S. 45.

in den *Lahn*-Gegenden entspricht dem Mangangehalte des Uebergangskalks (B. II. S. 1083 u. 1085. u. S. 1175) und die reiche Manganerz-Lagerstätte im plastischen Thone ist, wie dieser, der Rückstand von der Auslaugung des Kalksteins. War dieser Rückstand wie der obige (S. 1175) zusammengesetzt: so betrug das Eisen- und Manganoxyd in demselben 21,6 Procent. Gewässer drangen durch den Thon, organische Ueberreste, welche sie enthielten, reducirten diese Oxyde und wandelten sie in Carbonate um. Diesem entsprechend ist, dafs die oberen Thonschichten nicht, die unteren aber gefärbt sind. Rührt nämlich diese Färbung von Eisen- und Manganoxyd her: so sind diese Oxyde in den untern Schichten, wenigstens noch theilweise vorhanden, aus den oberen aber bereits durch die Gewässer fortgeführt worden. Durch höhere Oxydation auf Kosten des freien Sauerstoffs in den Gewässern wandelte sich das Manganoxydulcarbonat in Pyrolusit, Psilomelan und Wad, und das Eisenoxydulcarbonat in Eisenocher und in rothes Eisenoxyd um. Diese Zersetzungsproducte finden sich in vielfältiger Vermengung, die Pyrolusite aber auch in reineren Ausscheidungen von der Gröfse eines Cubiklachters bis zu der einer Erbse herab, und in Adern, welche nicht selten die gröfseren Nester mit einander verbinden. Die Hartmanganerze kommen auch im obern Theile des plastischen Thons stalactitenförmig, traubig, zerfressen und durchlöchert vor, welches Vorkommen, wenn noch Beweise nöthig wären, unwiderleglich für die Bildung aus herabgeflossenen Gewässern spricht. Auch die Lage zersetzter Manganerze zwischen dem plastischen Thone und dem Dolomit, die Imprägnation des letzteren mit Mangan, und ein in einer stockförmigen Dolomitmasse mit zersetzten Manganerzen und mit Dolomitfragmenten erfüllter Gang, dessen Hangendes und Liegendes bis zu beträchtlicher Entfernung mehr oder weniger von Mangan durchdrungen ist, welches sich allmälig verliert, haben ohne allen Zweifel denselben Ursprung. Da es Verdrängungs-Pseudomorphosen des Pyrolusit, Hausmannit und Manganit nach Kalkspath giebt *), und Grandjean **) in

*) Blum die Pseudomorphosen S. 258 ff.

**) Nachtrag zu den Pseudomorphosen S. 140 ff.

den Braunsteingruben von *Niedertiefenbach* bei *Limburg* sogar Verdrängungspseudomorphosen von Psilomelan und Pyrolusit nach Bitterspath gefunden hat: so ist es sehr wahrscheinlich, dafs die in Gesellschaft von Dolomit vorkommenden Manganerze durch Verdrängung des kohlensauren Kalks vor seiner Umwandlung in Dolomit, oder durch Verdrängung des bereits gebildeten Dolomit entstanden sind *).

Klipstein hält es selbst für wahrscheinlich, dafs sich die Manganerze, womit der vorhin genannte Dolomit am stärksten imprägnirt ist, zum Theil durch das stark zerklüftete und zerrissene Gestein weiter nach seinem Innern verbreiten, obwohl er nicht abgeneigt ist, dieselben theilweise auch von höchst wahrscheinlich (?) in der Nähe im Dolomit vorhandenen Gängen ausgehend zu betrachten. Wir können hier nur mit Macculoch **) sagen: that, which ought to be, is the eternal obstacle to the discovery of that, which is. Klipstein führt selbst belehrende Beispiele von, durch Zersetzung bewirkten Uebergängen des Psilomelan in Wad an. Er fragt, wohin sind die 16 Proc. Baryt des Psilomelan gekommen, da der Wad nur noch 1,4 Proc. davon enthält u. s. w.? Sind, wie gewifs Niemand läugnen wird, solche Veränderungen

---

*) Grandjean ist, nach gefälligen brieflichen Mittheilungen, der Ansicht, dafs die Entstehung der Eisensteinlager bei *Dillenburg*, *Weilburg*, in *Westphalen* u. s. w. gleichfalls einer Verdrängung des kohlensauren Kalks durch eisenhaltige Gewässer zuzuschreiben sei. Die vollständige Erhaltung der Form der Kalkversteinerungen, die in den Eisensteinlagern in Eisenoxyd umgewandelt angetroffen werden, läfst keinen Zweifel übrig. Diese Processe, so wie alle übrigen in dem Gebirge, haben erst mit und nach der Thalbildung stattgefunden, wie daraus hervorgeht, dafs das Ausgehende der Eisensteinlager nicht selten ein unverändertes Kalklager ist, oder sich als solches im Grünstein, Schalstein oder Schiefer im Streichen auskeilt. Die eisenhaltigen Gewässer sind wahrscheinlich sowohl aus dem hangenden Grünstein, wie aus dem liegenden Schalstein zugeführt worden.

Diese Thatsachen und die daraus gezogenen Schlüsse stimmen mit den oben (1159) durch Combination verschiedener Erscheinungen gewonnenen Ansichten vollkommen überein, und bestätigen einander gegenseitig.

**) *System of Geol.* T. II. p. 150.

durch Gewässer bewirkt worden: so liegt die Vermuthung sehr nahe, dafs da, wo jetzt noch Gewässer fliefsen, sie auch ehemals geflossen sind, und können sie jetzt Bestandtheile fortführen: so konnten sie dieselben auch einstens zuführen. Warum nun unbekannte Gänge annehmen zu wollen, durch welche aus der Tiefe Erze aufgestiegen sein sollen, welche weder Schmelz- noch Sublimationshitze vertragen können, ohne zersetzt zu werden? Wann wird es einmal dahin kommen, dafs man solche unhaltbare Hypothesen nicht mehr zu widerlegen braucht? —

Sind es Uebergangskalksteine, welche das Material zu den Manganerzen und zum plastischen Thone geliefert haben: so entsteht die Frage, wohin der kohlensaure Kalk des Kalksteins gekommen ist. Waren die Uebergangskalksteine so zusammengesetzt, wie der S. 1085 Angeführte: so betrug die Menge des kohlensauren Kalks ungefähr 65 Mal so viel, als die des kohlensauren Manganoxyduls.

In den unteren *Lahn*-Gegenden beginnen bei Dietz die Dolomite in Begleitung der Grünsteine und der Schalsteine. Die Vermuthung liegt nahe, dafs jener ausgelaugte kohlensaure Kalk zur Bildung der Schalsteine verwendet worden ist (S. 1071). Nach den Bemerkungen meines geschätzten Freundes Grandjean ist aber das Vorkommen derselben in der Nähe des Dolomit-Gebietes wenig geeignet, diese Ansicht zu unterstützen. Hier, wie z. B. bei *Villmar* alterniren nämlich in bedeutender Mächtigkeit regelmäfsige Kalk- und Schalsteinbänke, wovon letztere in der Regel weniger mächtig sind, als erstere. In diesen Schalsteinen ist gewöhnlich noch eine Menge derselben Versteinerungen und Kalkknauern enthalten, wie in den zwischen lagernden Kalkbänken selbst; in der Nähe des Kalkes werden sie häufiger, und die schalsteinartige Textur u. s. w. verläuft sich noch in den festen Kalk hinein. Hiernach dürfte es unzweifelhaft sein, dafs wenigstens diese Schalsteine umgewandelte Kalksteine sind, indem diesen durch die Gewässer ein gröfserer oder geringerer Theil ihres kohlensauren Kalks entzogen worden ist, und die rückständigen Gemengtheile sich zu Schalstein ausgebildet haben.

Von chemischer Seite läfst sich diese Ansicht bis zu ei-

nem gewissen Puncte rechtfertigen. Denken wir uns, dafs die Gewässer aus einem Uebergangskalke, wie der oben (S. 1175) analysirte, 54,06 Proc. kohlensauren Kalk und kohlensaure Magnesia fortführen: so bleibt ein Rückstand aus eisenhaltigem Thon und kohlensaurem Kalk, welcher den Gemengtheilen des Schalsteins III und besonders denen des Schalsteins V (S. 1069) ziemlich nahe kommt. Die Mächtigkeit der Kalkschicht würde sich danach um 54 Proc. vermindern. Dadurch würden allerdings die ursprünglichen geneigten Kalkschichten, wie bei *Villmar*, bedeutende Ortsveränderungen erlitten haben, und es würde nachzuweisen sein, durch welche neue Bildungen die dadurch entstandenen leeren Räume ausgefüllt worden sind. Eine solche Bildung der Schalsteine läfst sich aber auch durch die von Stifft und Beyrich dargelegten Lagerungsverhältnisse der Kalk- und Schalsteine (S. 1060) von geognostischer Seite rechtfertigen, und gewinnt daher einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit.

Grandjean geht noch weiter. Auch die Grünsteine, denen manche Schalsteine so nahe stehen, und die Schiefer in dem in Rede stehenden Uebergangsgebirge sollen auf dieselbe Weise entstanden sein. Es finden sich in diesen Schiefern, wie z. B. bei *Balduinstein*, die Versteinerungen des nahe liegenden Uebergangskalks, und sie gehen in Schalsteine über, von denen nicht bestimmt zu sagen ist, ob sie Schalsteine oder noch Schiefer sind. Manche Uebergangskalksteine wie z. B. der oben (S. 1085) angeführte gehen unmittelbar in Schiefer über. So finden sich bei *Herborn* im *geistlichen Berge* sehr dichte kohlige Kalkbänke, die am Ausgehenden als Schiefer von nur einigen Fufs Mächtigkeit erscheinen.

Da die Uebergangskalksteine (S. 1085 u. S. 1175) Gemenge aus Carbonaten und aus Thonschiefermasse sind: so bleibt, nach Extraction des kohlensauren Kalks durch Gewässer, die Thonschiefermasse zurück. Die braune Lage im Uebergangskalk bei *Erdbach* (S. 1085) zeigt auch die fast schon vollendete Extraction der Carbonate. Diese Uebergangskalksteine sind, wie die oben (S. 1075 u. 1150) angeführten Thonschiefer Gemenge aus mechanischen Absätzen und aus Niederschlägen durch organische Thätigkeit: in jenen Uebergangskalksteinen betragen die mechanischen Absätze 26—28,6,

in diesen Thonschiefern betragen dagegen die Carbonate 26,6 – 27,5 Proc.; beide Gemengtheile stehen daher in diesen Gesteinen im umgekehrten Verhältnisse. Weitere Analysen von solchen Gesteinen dürften wohl viele Mittelglieder und, nach Behandlung mit Säuren, stets dem Thonschiefer mehr oder weniger ähnliche Rückstände finden lassen; obwohl der Rückstand des oben (S. 1083) angeführten röthlichbraunen Uebergangskalkes eine dem Thonschiefer sehr unähnliche Zusammensetzung zeigt.

Ist die Umwandlung eines Uebergangskalkes mit beigemengter Thonschiefermasse in Thonschiefer durch Extraction der Carbonate nicht zu bezweifeln: so kann man auch nichts gegen die Umwandlung eines solchen Kalksteins in Grünstein erinnern, da die S. 1068 entwickelten Verhältnisse eine Umwandlung des Schiefers in Grünstein höchst wahrscheinlich machen.

Die ganze Reihe der möglichen und wahrscheinlichen Umwandlungen des Uebergangskalks jener Gegenden in Schalstein, Thonschiefer, Grünstein und Thon, die Bildung von Eisenstein- und Braunsteinlagern setzt die Fortführung grofser Massen von kohlensaurem Kalke voraus. Nur wenig von diesem Carbonate finden wir in Gängen wieder; bei weitem der gröfste Theil ist in das Meer, mithin dahin geführt worden, wo die Kalksteine entstanden sind, und wo er das Material zu neuen Kalkstein-Bildungen geliefert hat und noch liefert. Reiht sich aber diesen metamorphischen Processen nicht unmittelbar die Dolomitisirung des Kalksteins an? — Mag dieser Procefs durch Austausch gegen kohlensaure Magnesia oder durch Extraction des kohlensauren Kalks erfolgen, stets setzt auch er eine Fortführung dieses Carbonats durch Gewässer voraus. Die verschiedenartigsten Bildungen und Umwandlungen, welche die bisherigen Theorien bald Contactwirkungen, bald Eruptionen, bald Sublimationen zuschrieben, reduciren sich daher auf e i n e n einfachen Procefs, der täglich vor unsern Augen von Statten geht, auf die Auslaugung des kohlensauren Kalks im Kalkgebirge. Die Vergleichung der chemischen Analysen der ursprünglichen Gesteine mit denen der Umwandlungsproducte zeigt, welche grofse Massen kohlensauren Kalks bei diesen Umwandlungen verschwunden sind;

es kann nicht fehlen, dafs dadurch bedeutende Störungen in den Lagerungsverhältnissen eingetreten sein müssen. Geognostischen Untersuchungen mufs es überlassen bleiben, diese Störungen nachzuweisen.

Die Fortführung so grofser Massen kohlensauren Kalks setzt eine lange geologische Periode voraus. Für eine solche sprechen auch der plastische Thon, die mächtigen Sandanhäufungen und die Quarzgerölle, welche bei *Kleinlinden* und *Lützenlinden* die aus der Grauwacke hervorragenden und Dolomite umschliefsenden Kalksteine bedecken. Der Sand und die Quarzgerölle deuten auf Grauwacke, welche mit den Uebergangskalksteinen zerstört worden ist.

Beleuchten wir endlich die Gründe, welche man gegen die Entstehung der Dolomite durch Umwandlungsprocesse beigebracht hat: Gründe, welche jedoch gröfstentheils gegen eine plutonische Umwandlung gerichtet sind.

Wifsmann *) wendet gegen eine solche Bildung, namentlich des *Tyroler* Dolomit ein, dafs sich Kalksteine und Dolomit im Melaphyr neben einander vorfinden, dafs der Dolomit deutlich stundenweit fast horizontal auf ein, im Vergleich mit ihm unbeträchtlich kleines, regelmäfsig geschichtetes System von normalem Kalkstein, von Mergel, der zuweilen auch dolomitisch ist (wie jene Mergel in *Franken* S. 1158) von Schieferthon und von Sandstein gelagert ist, und dafs endlich auch in *Tyrol* die Melaphyre in der Nähe des Dolomit meilenweit fehlen. Es erscheint ihm unbegreiflich, warum einzelne, ganz von Melaphyr umgebene Kalksteine undolomitisirt bleiben, und dagegen in ihrer Nähe Bergmassen, wie der *Schlern* und der *Langkofel*, dolomitisirt werden, wie Kalksteine, die stundenweit die Unterlage bilden, unverändert bleiben, dagegen die überlagernden weit beträchtlicheren Massen in Dolomit umgewandelt werden konnten. Somit, schliefst Wifsmann, kann der Dolomit im *Fafsa*-Thal unmöglich aus Kalk entstanden, sondern er mufs vom Anfange an krystallinischer Dolomit, ein Absatz aus einem Meere gewesen

*) Beiträge zur Geognosie und Petrefactenkunde des südöstlichen *Tyrols*, in seinen und des Grafen Münster Beiträgen zur Petrefactenkunde. *Bayreuth* 1841. S. 10 ff.

sein, welches, neben kohlensaurem Kalk, kohlensaure Magnesia enthalten hatte. Beide Salze sind in der Regel gemeinschaftlich in Quellen enthalten und die Existenz von tertiären Süfswasser-Dolomiten ist ausser Zweifel gesetzt worden (S. 1160). Auch die krystallinische Beschaffenheit kann keinen Einwurf begründen, da mancher Kalktuff sich vor unsern Augen krystallinisch absetzt. Die schlechte Beschaffenheit der Petrefacten im *Fafsa*-Dolomit erklärt sich ganz einfach daraus, dafs die dolomitischen Niederschläge gewöhnlich viel krystallinischer, also zum Eindringen in die Räume der organischen Körper ungeeigneter sind, als die reinen Kalkniederschläge *). Das Verschwinden gewisser Theile der Organismen, z. B. der Konchylien-Schalen im Dolomit, ist demselben gar nicht eigenthümlich; es zeigt sich ebenso mehr oder weniger in vielen reinen Kalksteinen (Kreide u. s. w.) und umgekehrt finden sich im Dolomit (z. B. des Muschelkalks und Keupers) **) die Schalen hier und da erhalten. Endlich ist auch der *Fafsa*-Dolomit keineswegs immer krystallinisch, sondern an mehreren Stellen dicht und zeigt hier und da Schichtung.

Wichtig ist die Bemerkung Wifsmann's, dafs nicht

---

*) Der Dolomit von *Gerolstein*, von welchem v. Buch (das Gebirge in *Rheinland - Westphalen* von Nöggerath B. III. S. 280 ff.), da er in der Nähe eines erloschenen Kraters mit augitischem Gesteine vorkommt, eine ähnliche Bildung wie vom *Tyroler* annimmt, ist, nach Mittheilung meines verstorbenen Freundes Goldfufs, eben so reich an Petrefacten, wie der benachbarte undolomitisirte Kalkstein, und sie sind eben so gut erhalten und bestimmbar, wie in diesem. Auch dieser Dolomit ist von offenen Klüften und kleinen Drusen durchzogen, und diese Drusen bestehen nur allein aus Braunspath-Rhomboëdern. Nach der Bemerkung v. Buch's verlieren sich die in diesem Dolomite sichtbaren Koralliten durch die Menge der Drusen und der darin gebildeten Krystalle.

Manchmal treten die fossilen Reste nicht auf dem frischen Bruche, sondern erst dann hervor, wenn die Gesteins-Flächen verwittert sind.

**) Nach Goldfufs auch im Dolomit des *Gerolsteiner* Uebergangskalkes und des Zechsteins bei *Glücksbronn*. Diefs sind doch wohl nur seltene Ausnahmen von der oben (S. 1142) aufgestellten Regel!

nur Melaphyre mit eingekneteten Kalkstein- und Dolomitstücken, sondern auch umgekehrt Melaphyrbrocken so im Dolomit eingeschlossen vorkommen, dafs diese Brocken vorhanden sein mufsten, ehe der Dolomit fest wurde. Er schliefst hieraus auf eine zum Theil gleichzeitige Bildung beider Gesteine. Und wir fügen hinzu, dafs solche Verhältnisse immer mehr gegen jede Beziehung zwischen Melaphyr und Dolomit streiten.

Petzholdt *) fand kohlensaure Magnesia in fast jedem Kalke *Tyrols* (bis zu 8,5 Proc.). Daher ist er der Meinung, dafs die Frage, woher sie im Dolomite stamme, mit der, wie sie in den geschichteten Kalk gekommen sei, zusammenfalle. Da ferner ein allmäliger Uebergang von Kalk in Dolomit, von unten nach oben ansteigend, überall geognostisch wie chemisch nachgewiesen werden kann: so schliefst er, dafs nach der neptunischen Bildung von Kalk unmittelbar die ebenfalls neptunische Bildung von Dolomit erfolgt sei. Defshalb bezieht er sich auf die bekannte Erscheinung, dafs aus einer wässrigen Lösung der Bicarbonate von Kalk und Magnesia, nach dem Entweichen eines Antheils Kohlensäure, jenes früher niedergeschlagen werde, als dieses. Der gröfsere Kalkgehalt in den untersten Massen des geschichteten Kalkes kann daher eben so wenig befremden, wie der gröfsere Magnesiagehalt in den obersten Massen des Dolomit in demselben Gebirge; denn es schieden sich zuerst viel Kalk und wenig Magnesia aus, während später, also in den obersten Schichten, der Magnesiagehalt immer reichlicher wurde. So nimmt in der *Saltaria*-Schlucht und am *Celvaberge* der Magnesiagehalt von unten nach oben zu: in jener verhält sich aufsteigend der Kalk zur Magnesia wie 1000 : 108 : 825 : 886; in diesem dagegen wie 1000 : 10 : 11 : 12. Die Ursache, warum die zuerst ausgeschiedenen Massen (also der geschichtete Kalk) nicht, dagegen die obersten Massen (der Dolomit) krystallisirten, findet er darin, dafs in den unteren Schichten des Gesteins der *Saltaria*-Schlucht 12,7 Proc. Kieselsäure, Thonerde und Eisenoxyd, im Dolomit dagegen nur 0,5 Proc. dieser Substanzen enthalten sind **). Da diese im Wasser blofs suspendir-

---

*) Beiträge zur Geognosie von *Tyrol*. *Leipzig* 1843. S. 231 ff.

**) Mehrere Analysen Petzholdt's von Dolomit bestätigen die

ten Substanzen sich in gröfster Menge zuerst absetzten: so mufste dadurch die Tendenz zum Krystallisiren gehindert werden, während der letzte mit wenigen Beimengungen verunreinigte Niederschlag dieser Tendenz folgen konnte.

Cotta*) ist der Ansicht, dafs der krystallisirte Zustand vieler Dolomite eine Folge späteren Nachkrystallisirens eines ursprünglich schlammigen Sedimentes sei, und dafs dieses Nachkrystallisiren durch die vulkanische Thätigkeit, welche im *Fafsa*-Gebiet den Melaphyr emporprefste, local befördert worden sei.

Da in einem schlammigen Sedimente Kalk- und Magnesiacarbonat schwerlich in Verhältnissen vorhanden sind, in denen sich beide im Dolomit finden: so müfste beim Nachkrystallisiren eine Ausscheidung des im Ueberschusse vorhandenen Carbonats erfolgen. Da es ferner in einem solchen Sedimente gewifs nicht an andern zufälligen Beimengungen, an Silicaten u. s. w. fehlt: so müfsten auch diese ausgeschieden werden. Mehr oder weniger lang anhaltende Ausscheidungsprocesse würden daher nöthig gewesen sein, um ein so reines Product, wie meist der Dolomit ist, zu liefern. Wir können nicht glauben, dafs Cotta diese Ausscheidungen gleichfalls durch vulkanische Thätigkeit befördern lassen wird; ein solcher Act würde wenigstens noch viel weniger zu begreifen sein, als das Nachkrystallisiren durch eine solche Thätigkeit.

Das in diesem Kapitel durch so viele Beispiele bewiesene Ineinandergreifen der Kalksteine und Dolomite läfst sich mit der Vorstellung, dafs sich diese wie jene als Sedimente aus dem Meere abgesetzt haben, durchaus nicht einigen. Das Material zur Dolomitbildung hat allerdings das Meer entweder durch den dolomitischen Antheil in den Kalksteinen, oder, wenn die Umwandlung in ihm erfolgte, durch einen späteren Austausch seiner Magnesia gegen den früher

---

grofse Reinheit desselben (S. 1113). Der in Salzsäure unlösliche Rückstand steigt höchstens bis auf 1,4 Proc. Nur im Dolomit vom *Brenner* fanden sich 8,3 Proc. Kieselsäure und Glimmer, der unzweifelhaft ein Umwandlungsproduct aus dem Kalksteine ist.

*) Geolog. Briefe aus den Alpen S. 208.

abgesetzten Kalk geliefert. So lange aber nicht in den Bildungen der Meeresthiere ein Dolomit aus gleichen Aequivalenten seiner Carbonate, ohne mit kohlensaurem Kalke gemengt zu sein, nachgewiesen werden kann, entbehrt die Annahme einer directen sedimentären Entstehung jedes empirischen Fundamentes. Dafs selbst aus einem eintrocknenden Binnenmeere nur Schichten von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia, und zwischen beiden vielleicht eine geringe Lage Dolomit sich absetzen würden, haben die oben (S. 1125) beschriebenen Versuche gezeigt.

Breithaupt *) führt zwar an, dafs sich im Bette des *Neckar's*, wie z. B. zu *Cannstadt*, Dolomit noch täglich bilde, welcher die Flufsgeschiebe conglomerire; ob er aber dieses Cement chemisch oder mineralogisch untersucht hat, ist nicht bemerkt. Walchner **), der gleichfalls dieser zusammengekitteten Gerölle im Becken von *Cannstadt* im *Neckarbette* am *Rosenstein* und am Fufs des *Sulzerrains* erwähnt, spricht nur von Kalktuff. Das ganze so mächtige *Stuttgart - Cannstadter* Gebilde nennt er Kalktuff; nirgends ist von Dolomit die Rede. Schübler bemerkt, dafs sich bei *Heilbronn* unter den Wehren viel Kalktuff absetzt, welcher von Zeit zu Zeit herausgebrochen werden mufs, um der Schifffahrt nicht hinderlich zu sein ***). Eine chemische Prüfung des Bindemittels in den von Breithaupt erwähnten Conglomeraten ist daher wünschenswerth; denn sollte es wirklich Dolomit sein: so würde diefs der einzige uns bekannt gewordene Fall einer directen Abscheidung dieses Doppelcarbonats aus Gewässern sein. Dafs selbst die Absätze in Klüften der Gypsberge (S.

---

*) Die Paragenesis der Mineralien S. 46.

**) Darstellung der geologischen Verhältnisse der am Nordrande des Schwarzwaldes hervortretenden Mineralquellen 1843. S. 39.

***) A. a. O. S. 29. Dieser Absatz von kohlensaurem Kalke rührt ohne Zweifel davon her, dafs das über die Wehre herabstürzende und sich zum Theil in Schaum verwandelnde Wasser durch vielfache Berührung mit der Luft seine halbgebundene Kohlensäure verliert. Im Abflufscanal der Soole aus dem Bohrloche bei *Neusalzwerk* fand ich gleichfalls den Kalkabsatz da am bedeutendsten, wo die Soole kleine Cascaden bildet.

1161), obgleich zum Theil sehr reich an kohlensaurer Magnesia, doch keine Dolomite sind, hat sich aus Karsten's Versuchen ergeben.

Auch an den Ufern des *Rheins* bei *Bonn* finden sich kleine Steinbrocken und Sand zusammengekittet*), dessen Cement mit Säuren stark braust.

Ein Kalksinter auf einem Rheingeschiebe bestand aus

| | |
|---|---|
| kohlensaurem Kalk . . . . . | 97,92 |
| kohlensaurer Magnesia . . . . | 1,57 |
| Eisenoxyd **) . . . . . . . | 0,51 |
| | 100,00 |

und war daher nichts weniger, als Dolomit.

Abgesehen von jener noch nicht entschiedenen Abscheidung von Dolomit, so ist doch die der kohlensauren Kalkerde aus Flüssen, welche noch lange nicht mit diesem Carbonate gesättigt sind, eine merkwürdige Thatsache. Es verdiente wohl einer näheren Untersuchung, ob vielleicht diese Absätze durch organische Thätigkeit erfolgen.

Wenn Petzholdt ein Gewicht darauf legt, dafs in den Dolomiten *Tyrol's* der Magnesiagehalt von unten nach oben abnimmt: so beweiset diefs blofs, dafs die Dolomitbildung von oben nach unten fortgeschritten ist, und diefs ist die nothwendige Folge eines Umwandlungsprocesses durch niedergehende Gewässer. Verwickelt werden freilich die Verhältnisse, wenn, wie in der Gegend von *Eichstädt*, beträchtliche Massen nicht geschichteten Dolomits auf Kalkstein ruhen, und von Kalkschiefer bedeckt werden, welche sich durch ihre Fischabdrücke auszeichnen ***). Auf dieses Verhältnifs pafst Petzholdt's Ansicht nicht, sondern er, wie wir, müssen annehmen, dafs die früher gebildeten Dolomite sich wieder unter das Meer gesenkt haben, und hier wieder von neuen sedimentären Bil-

*) Meine populären Briefe u. s. w. B. I. S. 208.

**) Wahrscheinlich als kohlensaures Eisenoxydul vorhanden.

***) L. v. Buch geognost. Briefe herausg. von Leonhard S. 8. Auch Cotta (Geol. Briefe S. 180) fand im *Fassa*-Thale Sandstein- und Kalksteinschichten und Conglomeratbänke auf dem Dolomit.

dungen bedeckt wurden; denn hätten sich letztere während der Dolomitisirung abgesetzt: so würden sie in ihrer Lagerung, durch das Fortführen bedeutender Massen kohlensauren Kalks unter ihnen, vielfach gestört worden sein, und nicht zusammenhängende Schichten bilden.

Fassen wir alle Erscheinungen des Dolomit zusammen: so können wir ihn, sofern er in Gebirgsmassen auftritt, nur für ein Umwandlungsproduct des Kalksteins auf nassem Wege halten, und keine Umwandlungsprocesse haben gröfsere Wahrscheinlichkeit, als der Austausch eines Theils des kohlensauren Kalks im Kalksteine gegen die kohlensaure Magnesia in Gewässern, oder die Extraction des gröfseren Antheils der kohlensauren Kalkerde im Kalksteine durch Gewässer. Unter welchen Umständen sich Dolomit oder Bitterspath in Drusenräumen und Spalten bildet, davon können wir uns, sofern sie nicht pseudomorphe Bildungen aus kohlensaurem Kalke sind, keine klare Vorstellung machen.

---

## Nachtrag.

Eben als der vorhergehende Bogen die Presse verlassen hatte, kam mir Krug von Nidda's interessante Abhandlung über die Erzlagerstätten des oberschlesischen Muschelkalks *) zu Gesicht. Einiges was zur Bestätigung mehrerer Puncte in diesem Kapitel dient, anderes, welches neue Verhältnisse entwickelt, möge hier, zugleich mit chemischen Untersuchungen verknüpft, Platz finden.

In der Gegend von *Tarnowitz* trennt sich die Muschelkalk-Formation in drei Abtheilungen, wovon die unterste und oberste aus einem Schichtenwechsel von reinen Kalksteinen, Kalkmergeln und Thonen, die mittlere aus Dolomit besteht. Die untere Abtheilung ist die verbreitetste, und umschliefst in ihrer Ausbreitung die beiden anderen. Schichtung des Dolomit zeigt sich unverkennbar sowohl in seinen untern, als

---

*) Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft B. II. S. 206 ff.

auch in seinen obern Lagen; in der mittleren Masse ist sie aber nicht bemerkbar. Das Gestein ist hier durch zahlreiche unregelmäfsige Klüfte in allen Richtungen durchschnitten und bildet gröfsere und kleinere Gestein-Klötze.

Diefs beweiset abermals, dafs durch Umwandlungsprocesse die ursprüngliche Schichtung eines Gebirgsgesteins theils verloren gehen, theils erhalten werden kann (S. 1100); denn Niemand wird in Abrede stellen, dafs auch der mittlere Theil jenes Dolomit ursprünglich ein geschichteter Muschelkalk war.

Merkwürdig ist, dafs wenn auch nicht alles Erzvorkommen, doch das reichste und mächtigste an den Dolomit gebunden ist: ein wiederholter Beweis, dafs in diesem Gesteine ausgedehnte Umwandlungs- und Extractionsprocesse von Statten gegangen sind.

Das Galmei-Lager liegt auf dem sogenannten Sohlenkalkstein, und besteht aus einem magern, mehr oder weniger kalkhaltigen Thonmergel, der mit Galmei durch und durch imprägnirt ist. Der Galmei, theils kohlensaures Zinkoxyd, theils kieselsaures Zinkoxyd, erscheint bald in Körnern und Concretionen, häufig hohl oder mit Letten ausgefüllt, bald in Drusen mit zierlichen Zinkspath-Rhomboëdern und mit garben- und fächerförmigen Krystallen von kieselsaurem Zinkoxyd, bald in tropfstein-, nieren- und traubenförmiger Ausfüllung von hohlen Räumen in Letten u. s. w. Diese Formen bezeugen die Bildung durch herabfliefsende Gewässer so deutlich, dafs hierüber kein Wort mehr zu verlieren ist. Aber von besondern Interesse ist, dafs das Galmeilager sehr häufig Schichten und Bruchstücke des Sohlenkalksteins umschliefst, die gewöhnlich mit Beibehaltung der Form in Galmei umgewandelt sind. In solchen metamorphosirten Sohlensteinbänken finden sich zuweilen noch die wohl erhaltenen Muschelschalen des Sohlensteins gleichfalls in Galmei umgewandelt.

Die Bildungen des mit dem Dolomit in Verbindung stehenden, mehr oder weniger Eisenoxydhydrat führenden Galmei und des Brauneisensteins sind der Bildung des Bleiglanzes in so fern analog, als beide gleichfalls durch das Vorhandensein des einschliefsenden oder angrenzenden Dolomit bedingt, mithin späterer Entstehung sind, als dieser. Mit jenen Bildungen pflegt aber eine theilweise oder selbst gänz-

liche Umwandlung des Dolomit in Galmei oder Brauneisenstein verbunden zu sein.

Einen der lehrreichsten Aufschlüsse über die Umwandlung des Dolomit in Galmei zeigt sich in der *Scharley*-Grube. Der Dolomit ist vielfältig bis zu zollstarken Klüften zerspalten, die mit kieselsaurem und kohlensaurem Zinkoxyd, zuweilen auch mit Blende und Bleiglanz ausgefüllt sind. Je näher dem Galmeilager, desto mehr solcher Klüfte, von denen unverkennbar die Umwandlung des Nebengesteins ausgegangen ist. Zunächst über dem Sohlenkalkstein, in dessen wasserdichte Schichten die Gewässer nicht eindringen konnten, zeigt sich in der Regel die Umwandlung am vollständigsten, der Galmei also am reinsten und reichsten. Die ungleiche Zerklüftung und Porosität des Dolomit mufste auf diese Erzbildung von wesentlichem Einflusse sein. Einzelne Schichten und Parthien des Dolomit widerstanden den Gewässern, andere wurden gänzlich metamorphosirt. Häufig besteht eine und dieselbe Schicht an einer Stelle aus Dolomit, an einer andern aus Galmei. Nicht immer sind jedoch die tieferen Schichten des Dolomit in Galmei und Brauneisenstein umgewandelt; zuweilen, jedoch beim Galmei selten, beim Brauneisenstein häufiger, haben höher liegende Schichten diese Umwandlung erlitten.

Die mächtigen Brauneisenstein-Lagerstätten bei *Tarnowitz* ziehen sich zwar häufig bis auf den Sohlenkalkstein nieder, häufig liegen sie aber auf mehr oder weniger mächtigen Dolomitbänken. An anderen Puncten füllt der Brauneisenstein zahlreiche Klüfte des Dolomit aus, die das Gestein in unregelmäfsige Blöcke trennen. Solche einzelne Dolomitblöcke von verschiedener Gröfse finden sich mitten in den Lagern des Brauneisensteins und des Galmei, und sind offenbar die Ueberreste der umgewandelten Dolomitbänke.

Bemerkenswerth ist, dafs der Halloysit (B. I. S. 800) theils auf Klüften, theils in unregelmäfsigen Nestern im Galmeilager, theils als Umhüllung der Galmei-Parthien sehr häufig vorkommt. Da dieses wasserhaltige Thonerdesilicat auch bei *Aachen* und *Lüttich* in Begleitung von Zinkerzen vorkommt: so scheint dessen Bildung mit der des Zinkoxydsilicats in einer noch zu erforschenden Beziehung zu stehen.

Innerhalb der Galmei-Lagerstätte der *Scharley*- und

*Maria*-Grube finden sich einzelne Schichten, in denen der Dolomit zum feinsten Mehl zerreibbar und durch Eisenoxydhydrat gelb gefärbt erscheint. Dieser zersetzte Dolomit enthält kaum 2 Proc. kohlensaure Kalkerde. Bei fortgesetzter Einwirkung kohlensaurer Gewässer kann also selbst der Dolomit noch von seiner kohlensauren Kalkerde bis fast zum Verschwinden verlieren. Dafs indefs der Dolomit auch als solcher von den Gewässern fortgeführt werden kann, zeigen die Bitterspathkrystalle in Drusen des *Tyroler* Dolomit (S. 1178).

Krug v. Nidda leitet ganz richtig alle diese Erscheinungen von Quellen ab, welche Zink-, Blei- und Eisensalze führend, der mit Dolomit gefüllten flachen Mulde zuflossen, sich an den wellenförmig emporragenden Dolomiträndern sammelten und durch die vielen Klüfte des Gesteins eindrangen, ohne sich im Sohlenkalkstein, der durch wasserdichte Schichten vom Dolomit getrennt ist, zu verlieren. Die bituminösen untern Schichten des Dolomit wirkten, nach seiner Ansicht, reducirend auf die schwefelsauren Metallsalze in den Gewässern, wodurch sich Zinkblende, Bleiglanz und Eisenkies bildeten, welche auch unter andern in einem Bohrloche in Gesellschaft angetroffen wurden. Spalten- und röhrenförmige Schlünde im Sohlenstein, welche durch den dortigen Bergbau in grofser Zahl aufgefunden wurden, und die mit den Erzablagerungen in unverkennbarem Zusammenhange stehen, geben sich als Canäle von Quellen deutlich zu erkennen.

Krug v. Nidda spricht sich zwar nicht darüber aus, dafs durch diese Schlünde die Gewässer hinabgeflossen sind; da er jedoch überhaupt nicht von aufsteigenden, sondern blofs von oben nach unten fliefsenden Gewässern spricht: so wird er auch in diesen Schlünden keinen anderen Lauf voraussetzen. In Schlünden, wie der auf *Severin*-Galmeigrube, welcher 8 Lachter Durchmesser hat, können auch nicht aufsteigende Quellen, die den ganzen Canal hätten erfüllen müssen, gedacht werden. Dieser fast kreisförmige Schlund setzt senkrecht nieder, ohne dafs die durchbrochenen Schichten des Sohlenkalkes irgend eine Biegung erlitten haben. Wahrscheinlich will er damit beweisen, dafs an eine eruptive Entstehung dieser Schlünde durchaus nicht zu denken sei. Das Galmeilager, welches, wie oben bemerkt, unmittelbar auf dem Soh-

lenstein liegt, biegt sich in dem Schlunde rechtwinklig um und erscheint also auch hier als erster Absatz an den Wänden des Sohlensteins. Darauf folgt gleichfalls in rechtwinkliger Biegung der Dachletten und die Mitte des Schlundes füllt reiner, grobkörniger Sand aus, der bis zu taubeneigrofsen abgerundeten Geschieben von milchweifsem Quarz und wenigem schwarzen Kieselschiefer besteht. Diese Schichten breiten sich vom Rande des Schlundes über die horizontale Oberfläche des Sohlensteins nach allen Richtungen aus. Auf dem Sande liegen Tertiärschichten, die aber an der Ausfüllung keinen Antheil genommen haben.

Neben diesen Schlünden findet man oft spaltenförmige Räume, die im Sohlenkalkstein tief niedersetzen und ganz analog den runden Schlünden ausgefüllt sind.

Es ist keine Frage, dafs die Gewässer, welche ihre Absätze von Galmei u. s. w. auf der Oberfläche begonnen haben, da, wo solche Schlünde vorhanden waren, an den Wänden derselben herabgeflossen sind und hier ihre Absätze fortgesetzt haben. Die Existenz solcher, dem Kalkgebirge vorzugsweise eigenen Schlünde (S. 1168 ff.) bedingte ohne Zweifel die Möglichkeit dieser Absätze; denn da der Sohlensandstein von wasserdichten Schichten bedeckt ist: so würden, wenn solche Schlünde gefehlt hätten, die Gewässer keinen Ablauf gefunden haben, und bald zum Stagniren gekommen sein.

Aus der Reihenfolge der Ueberlagerungen des Galmei könnte man leicht schliefsen, dafs der Galmei das älteste, das Bleierz das mittlere und der Brauneisenstein das jüngste Glied sei. Eine solche Altersfolge ist indefs nicht begründet, oder die Trennung dieser Erze war wenigstens unvollständig; denn jedes Eisenerz aus diesen Lagerstätten enthält mehr oder weniger Zink und Blei, und ebenso jeder Galmei Eisen und Blei. Der Galmei und das Bleierz sind unzweifelhaft in den umgebenden weichen Letten eingedrungen und haben sich darin Raum zur Bildung von Drusen, Krystallen und Concretionen verschafft. Der unmittelbar auf dem Sohlenstein liegende Letten diente zur Ansammlung des Galmei, indem der fein zertheilte kohlensaure Kalk in demselben höchst wahrscheinlich die Ausscheidung des kohlensauren Zinkoxyd aus der wässrigen Lösung bewirkt hat.

Die Lagerungsverhältnisse lassen keinen Zweifel übrig, dafs die genannten Erze jünger als der Dolomit sind, dafs mithin die Dolomitisirung ein früherer und die Einführung der Erze ein späterer Act war.

Dafs die Galmei - Bildung in den *schlesischen* Gruben nicht eine längst abgeschlossene, sondern noch fortdauernde ist, zeigt das Vorkommen von kohlensaurem Zinkoxyd auf alter Zimmerung und auf Baumblättern (B. I. S. 939). Nach V. Monheim *) finden sich auch in Strecken des *busbacher Berges* bei *Stolberg* die aus Brauneisenstein bestehenden Wände mit einer Kruste weifsen Zinkspaths überzogen. Wahrscheinlich ist die eine dieser Strecken seit 200, die andere seit 60 Jahren abgebaut worden. Seit diesen Zeiten hat sich also der Zinkspath gebildet **). Im festen Galmei des *Herrenberg* bei *Nirm* hat man ebenfalls Holzstücke gefunden. Der Auslaugeprocefs geht also auf den *schlesischen* wie auf den *busbacher* Gruben noch fort, und es liegt nahe, das kohlensaure Zinkoxyd im umgebenden Gesteine selbst zu suchen. Karsten führt unter den von ihm analysirten Dolomiten (S. 1104) vier an, meist von der *Scharlei*-Grube oder aus deren Nähe, in denen kohlensaures Eisenoxydul mit kohlensaurem Zinkoxyd (1,20—1,75 Proc.) und in einem blofs kohlensaures Zinkoxyd (0,5 Proc.) enthalten sind. Eben so enthält der dichte Dolomit an der Grenze des *Altenberger* Galmeilagers

*) Verh. d. naturhist. Vereins d. preufs. Rheinlande 1848. S. 168. In diesen Verhandlungen (1845. S. 75. 1848. S. 36. 39. 41. 157. 162. 171. 1849. S. 1. 24. 49. 54.) und im amtlichen Berichte über die Vers. deutsch. Naturf. u. s. w. in *Aachen* hat mein geehrter ehemaliger Zuhörer und Freund eine Reihe schätzenswerther Untersuchungen über Vorkommen und Zusammensetzung der Zinkerze in der Gegend von *Aachen* geliefert, welche Licht auf die Bildungsart und auf die Umwandlungen derselben werfen, wie wir im Folgenden sehen werden. Wenn ähnliche Untersuchungen mit andern Erzen angestellt werden: so werden sich die Nebel, in welche manche dieser Bildungen noch gehüllt sind, bald zerstreuen.

**) Beim Wiederbeginnen des dortigen Bergbau's 1846 fand man die Strecken mit Kohlensäuregas erfüllt; am Auflösungsmittel des kohlensauren Zinkoxyds fehlte es daher nicht.

bei *Aachen*, nach Monheim, 1,38 Proc., der Dolomit von *Membach* bei *Eupen*, nach Davreux *), 9,75 Proc. und eine Art Dolomit von *Tunis* in *Africa*, nach Berthier**), sogar 28,9 Proc. kohlensaures Zinkoxyd. Zu den Vertretern der kohlensauren Magnesia im Dolomit (S. 1104) gehört also auch das kohlensaure Zinkoxyd. In einigen Zinkspäthen, so wie in dem eben angeführten Dolomit von *Tunis* fand Berthier auch kohlensaures Bleioxyd (3 bis 19 Proc.).

Es bleibt noch übrig, kohlensaures Zinkoxyd in Kalksteinen, aus welchen die zinkhaltigen Dolomite hervorgegangen sind, nachzuweisen. Sollte es sich darin in einer viel geringeren Menge, als in Dolomiten finden: so würde diefs sehr zu Gunsten einer Dolomitisirung durch Auslaugen von kohlensaurem Kalk sprechen; denn mit der relativen Zunahme der kohlensauren Magnesia würde auch das kohlensaure Zinkoxyd relativ zugenommen haben ***). Sollte dieses sich darin gar nicht finden: so würde es während der Dolomitisirung zugeführt worden sein, und dann würde mit Wahrscheinlichkeit anzunehmen sein, dafs es ein Begleiter der gleichfalls zugeführten kohlensauren Magnesia war. Wir würden dann auf einen Austausch beider, in Gewässern enthalten gewesenen Carbonate gegen kohlensauren Kalk im Kalksteine schliefsen; der Ursprung des kohlensauren Zinkoxyds bliebe dann unbestimmt.

Durch Krug v. Nidda's schätzenswerthe Untersuchungen (S. 1191) stellt sich auf eine eclatante Weise heraus, dafs die Natur in kleinen Krystallen wie in grofsen Massen wirkt.

Wir kennen kohlensaures und kieselsaures Zinkoxyd in Formen von Kalkspath, und kieselsaures Zinkoxyd in Formen von Bitterspath †).

---

*) Verhandl. 1845. S. 76.

**) Ebend. S. 77.

***) Wenn indefs das kohlensaure Zinkoxyd in einem Dolomit, wie in dem aus *Schlesien*, nur 0,5 Proc. beträgt: so würden, sofern ein solcher Dolomit durch Auslaugen des kohlensauren Kalks entstanden ist, in den Kalksteinen so geringe Mengen enthalten sein, dafs nur eine sehr sorgfältige Analyse im Stande sein würde, dieselben noch aufzufinden.

†) Blum die Pseudomorphosen S. 267—271.

Umhüllungspseudomorphosen von Zinkspath nach Kalkspath-Formen kommen auf Bleierzgängen in *England* vor. Sie sind mehr oder weniger hohl, aussen etwas drusig und zugerundet, und der Kalkspath ist verschwunden. Nach V. Monheim finden sich auch im *Rammelsberg* bei *Goslar* Pseudomorphosen, welche kein kieselsaures, sondern blofs kohlensaures Zinkoxyd mit ziemlich viel kohlensaurem Eisenoxydul enthalten. Derselbe fand auch in einer Druse eines mächtigen Stücks Blende aus der Grube *Severin* bei *Nirm* Eisenzinkspath-Pseudomorphosen nach Kalkspath.

Umhüllungspseudomorphosen von Kieselzink nach Kalkspath-Formen kommen im *Rammelsberg* bei *Goslar* und bei *Iserlohn* in *Westphalen* vor. In denen vom *Rammelsberg* ist der Kalkspath von Kieselzink umhüllt und zum Theil ganz verdrängt. Zuerst wird der Kalkspath mit einer feinen Lage von Kieselzink überzogen. Beim Zerbrechen der Krystalle zeigt sich, dafs diese Rinde theils unmittelbar auf dem Kalkspathe liegt, theils von diesem durch einen feinen hohlen oder meist mit feinkörnigem, porösen Kieselzink erfüllten Zwischenraum getrennt ist. Der Kalkspath ist auf der Oberfläche zerfressen, und das Kieselzink ist hier und da in der Richtung der Blätterdurchgänge in ihn eingedrungen. Nach und nach verliert der Kalkspath immer mehr an Umfang, verschwindet endlich ganz und läfst Umhüllungspseudomorphosen zurück, die im Innern gewöhnlich mit porösem Kieselzink erfüllt, selten ganz hohl sind. Auf den Pseudomorphosen hat sich hier und da krystallisirtes Kieselzink angesetzt. Bei *Iserlohn* auf der Zeche *Stahlschmiede* findet sich das Kieselzink in Formen von Kalkspath von 3 und noch mehr Zoll Länge. Die Oberfläche der Krystalle ist rauh und uneben, manchmal auch klein nierenförmig; die Kanten sind jedoch meist scharf. Die dunkel gefärbten Krystalle erscheinen als Gemenge aus Kieselzink und Brauneisenstein. Die Gewässer enthielten daher neben kieselsaurem Zinkoxyd kohlensaures Eisenoxydul, welches gleichfalls den kohlensauren Kalk verdrängt (S. 1150 ff.) und sich nachher in Eisenoxydhydrat umgewandelt hat. Diese Pseudomorphosen sind nie ganz hohl, sondern mit einer porösen oder zelligen Masse von der Natur der Umhüllungsrinde erfüllt. Auch hier drang das Kieselzink zwischen die Blätter-

durchgänge des Kalkspaths ein und bildete, nachdem dieser fortgeführt worden, eine Menge gröfserer und kleinerer regelmäfsiger Zellen in der Form des Kalkspathrhomboëders. Die Wände dieser Zellen sind theils mit nierenförmigem Kieselzink, theils mit sehr kleinen Krystallen desselben bedeckt. Hier und da sind auch ganze Reihen solcher Zellen mit demselben Kieselzink erfüllt, oder das Innere der Krystalle besteht überhaupt nur aus einem porösen Gemenge.

Kieselzink nach Bitterspath findet sich, nach Ullmann, in der Grube *St. Andreasberg* im *Siegen'schen*, auf einem Gange in der Grauwacke. Diese Verdrängungspseudomorphosen sind hohl und vom Bitterspathe ist nichts mehr vorhanden.

Diese hohle Beschaffenheit vorstehender Pseudomorphosen bezeugt wiederum, dafs das verdrängende Mineral schwerlöslicher, als das verdrängte war. Es ist interessant, auch hier wieder die merkwürdige Zellenbildung (S. 1149) zu finden.

Ueber die Bildung der Pseudomorphosen von Zinkspath nach Kalkspath stellte V. Monheim schätzenswerthe Beobachtungen und Versuche an. Am *Herrenberg* bei *Nirm* in einem ringsum mit Holz besetzten Schachte, der vor 80 bis 100 Jahren abgebaut und dann mit Kalksteinen zugeworfen worden war, fanden sich im untern Theile und bis zur Höhe des darin befindlichen Wassers, zwischen einer grofsen Menge schöner bis 1½ Zoll grofser Gypskrystalle, welche um das Holz herum oder auf dem veränderten Kalksteine safsen, viele Eisenzinkspathkryställchen in der Form des Kalkspathrhomboëders. Das hinter dem Holze anstehende Mineral bestand hauptsächlich aus Zinkblende und Eisenkies. Er glaubt daher annehmen zu dürfen, dafs beide Schwefelmetalle zu schwefelsaurem Zinkoxyd, schwefelsaurem Eisenoxydul und freier Schwefelsäure oxydirt, und von den später in den Schacht getretenen Gewässern aufgelöst wurden. Die freie Schwefelsäure verwandelte den Kalkstein auf der Oberfläche in erdigen Gyps. Das schwefelsaure Eisenoxydul wurde durch den Sauerstoff der im Wasser enthaltenen Luft theilweise zu schwefelsaurem Eisenoxyd, welches durch den kohlensauren Kalk in Eisenoxydhydrat und Gyps, unter Entwicklung von Kohlensäure, zersetzt wurde. Diese Kohlensäure löste kohlensauren Kalk auf und dieses saure Carbonat zersetzte das schwe-

felsaure Zinkoxyd und das schwefelsaure Eisenoxydul in saures Zinkoxyd- und Eisenoydul-Carbonat und in schwefelsauren Kalk. Diese Salze krystallisirten aus ihrer wässrigen Lösung als Gyps und Eisenzinkspath heraus *).

Monheim fand auch, dafs Blende durch eine Lösung von schwefelsaurem Eisenoxyd zersetzt und dadurch schwefelsaures Zinkoxyd gebildet wird. In der Siedhitze entwikkelt sich Schwefelwasserstoffgas, welches einen Theil des Eisenoxyds zu Oxydul reducirt. Wenn daher durch Zersetzung von Eisenkies schwefelsaures Eisenoxydul entsteht und dieses durch Aufnahme von Sauerstoff zu schwefelsaurem Eisenoxyd wird: so wandelt eine solche Lösung die damit in Berührung kommende Blende in schwefelsaures Zinkoxyd um.

Die Entstehung der Eisenzinkspath - Pseudomorphosen nach Kalkspath durch Gewässer, welche Eisenoxydul- und Zinkoxydsulphat und freie Kohlensäure enthalten, kommt ihm um so wahrscheinlicher vor, weil in den gelblich-weifsen Pseudomorphosen Spuren von Schwefelsäure gefunden werden. Zinkspathkrystalle auf Blende, welche beim Kochen mit Salzsäure, neben Kohlensäure, Schwefelwasserstoffgas entwickelten, scheinen ihm für die Annahme zu sprechen, dafs diese Bildung durch oxydirten Eisenkies stattgefunden habe; denn die Krystalle waren nicht gelblichweifs, sondern braunschwarz. Er vermuthet, dafs hierbei ein Theil des entwickelten Schwefelwasserstoffgases etwas aufgelöstes saures Zinkoxyd- und Eisenoxydul-Carbonat zersetzt habe, und dafs durch diese mit den Carbonaten abgesetzten Schwefelverbindungen letztere braunschwarz gefärbt worden seien.

Blendestücke aus der Grube *Severin*, mit Zinkspath überzogen, brachten Monheim zur Vermuthung, dafs das Schwefelzink durch kohlensäurehaltiges Wasser zersetzt werden möchte; der Versuch bestätigte sie aber nicht. Er glaubt daher, dafs auch dieser Zinkspath auf die oben angeführte Weise entstan-

*) Auf jenem Grubenholze oder auf den in dessen Nähe befindlichen Krystallen finden sich gelbe Schuppen, welche aus Schwefelzink und Schwefeleisen bestehen, und ohne Zweifel durch Reduction der entsprechenden schwefelsauren Salze auf Kosten der organischen Substanz entstanden sind (B. I. S. 936).

den sei. Da indefs Bouis *) in einer Blende Zinkoxyd, Eisenoxyd, Wasser und Kohlensäure und keine Schwefelsäure fand: so möchte man vermuthen, dafs durch lange fortgesetzte Einwirkung von kohlensäurehaltigem Wasser auf Blende doch kohlensaures Zinkoxyd gebildet werden könne.

Monheim's vorausgesetzte Zersetzungen der Sulphate von Zinkoxyd und Eisenoxydul durch sauren kohlensauren Kalk veranlafsten mich zu folgenden Versuchen. Zu einer concentrirten Lösung von saurem kohlensauren Kalk wurde eine Lösung von schwefelsaurem Zinkoxyd tropfenweise gesetzt. Es schienen sich mikroskopisch kleine weifse Flöckchen in der Flüssigkeit gebildet zu haben, die sich wieder auflösten, und ein ganz kleines aufsteigendes Gasbläschen entweichen liefsen; ein permanenter Niederschlag erfolgte aber nicht. Die Flüssigkeit wurde bis auf einen kleinen Rest abgedampft und vom Niederschlage abfiltrirt. Aus dem Filtrat wurde durch Schwefelwasserstoff alles Zinkoxyd niedergeschlagen, und die Flüssigkeit davon abfiltrirt. Sie trübte sich beim Zusatze von Ammoniak und von oxalsaurem Ammoniak und enthielt daher schwefelsauren Kalk. Jener durch Abdampfen erhaltene Niederschlag wurde so lange ausgewaschen, bis das Abwaschewasser nicht mehr durch Schwefelwasserstoffgas getrübt wurde. In Salzsäure löste er sich unter Aufbrausen auf und Ammoniak fällte daraus einen weifsen Niederschlag, der sich in überschüssigem Ammoniak wieder auflöste, und mithin Zinkoxyd war. Nachdem dieses durch Schwefelwasserstoff abermals niedergeschlagen worden, bewirkte oxalsaures Ammoniak in der abfiltrirten Flüssigkeit eine geringe Trübung. Der im kohlensauren Wasser aufgelöste kohlensaure Kalk war also bis auf dieses Minimum durch die schwefelsaure Zinkoxyd-Lösung in Gyps und kohlensaures Zinkoxyd zersetzt worden. Da beim Zusammengiefsen beider Flüssigkeiten kein Niederschlag erfolgte: so reichte das Wasser hin, die beiden gebildeten Salze in Lösung zu erhalten. Unter der Voraussetzung, dafs die Lösung des kohlensauren Kalks in kohlensaurem Wasser eine gesättigte war: so war das kohlensaure Zinkoxyd *in statu nascenti* nicht schwerlöslicher als der kohlensaure Kalk.

---

*) Rammelsberg's Handwörterbuch Abth. I. S. 112.

Giefst man auf gepülverten kohlensauren Kalk eine Lösung von schwefelsaurem Zinkoxyd: so kann man nach einigen Tagen eine theilweise gegenseitige Zersetzung deutlich wahrnehmen. Ob in diesem Falle der neutrale kohlensaure Kalk als solcher wirkt, oder ob die atmosphärische Kohlensäure mitwirkt, mufs ich dahin gestellt lassen.

Die Frage, ob sich schwefelsaures Eisenoxydul wie schwefelsaures Zinkoxyd zu saurem kohlensauren Kalk verhalte, ist etwas schwierig zu beantworten, da Eisenoxydulsalze ganz frei von Eisenoxydsalzen darzustellen, sehr schwierig ist, und da, wenn auch eine Lösung von reinem schwefelsauren Eisenoxydul angewendet wird, sich dieselbe beim Vermischen mit einer Lösung von saurem kohlensauren Kalk und beim nachherigen Abdampfen theilweise in schwefelsaures Eisenoxyd umwandelt. Nach dem Eintröpfeln einer Eisenvitriol-Lösung in diese Lösung opalisirte die Flüssigkeit, und nach einigen Stunden schied sich ein bedeutender Niederschlag von Eisenoxydhydrat mit etwas basisch-schwefelsaurem Eisenoxyd, aber ohne eine Spur von kohlensaurem Kalke ab; die abfiltrirte Flüssigkeit enthielt dagegen schwefelsauren Kalk aufgelöst. Um zu entscheiden, ob der Niederschlag vielleicht nur vom schwefelsauren Eisenoxyd und vom oxydirten schwefelsauren Eisenoxydul des Eisenvitriols herrührte, wurde gleichzeitig von zwei gleichen Quantitäten einer Eisenvitriol - Lösung die eine in eine Lösung von kohlensaurem Kalk in kohlensaurem Wasser, die andere in eben so viel reines Wasser getröpfelt. Kaum nach einer Minute zeigte sich schon in der Lösung des kohlensauren Kalks ein Opalisiren; nach einer halben Stunde war die weifse Farbe in ochergelb übergegangen und über Nacht hatte sich ein bedeutender Niederschlag von Eisenoxydhydrat abgesetzt. Das mit der Eisenvitriol - Lösung versetzte Wasser war aber erst über Nacht etwas milchig geworden. Es ist also klar, dafs die alsbald in der Kalklösung erfolgte Trübung nicht von einer durch Verdünnung der Eisenvitriol - Lösung herbeigeführten Oxydation und Bildung von basisch schwefelsaurem Eisenoxyd herrührte, sondern dafs sich der kohlensaure Kalk und das schwefelsaure Eisenoxydul gegenseitig zersetzten, und dafs sich das kohlensaure Eisenoxydul sogleich nach seiner Entstehung zu Eisen-

oxydhydrat oxydirte. Es ist auch begreiflich, wie diese Umwandlung des kohlensauren Eisenoxyduls viel schneller von Statten gehen mufs, als die Umwandlung des schwefelsauren Eisenoxyduls; denn jenes wird durch fortgesetzte Oxydation ganz zu Eisenoxydhydrat, dieses nur theilweise zu basisch schwefelsaurem Eisenoxyd.

Diese ausserordentlich schnelle Zersetzung des kohlensauren Eisenoxyduls in wässriger Lösung erschwert sehr die Vorstellung, wie sich dieses Carbonat aus Gewässern absetzen konnte. Entweder war in den Räumen, wo dieser Absatz erfolgte, die atmosphärische Luft gänzlich ausgeschlossen, was indefs selbst in Drusenräumen anzunehmen schwierig ist, oder es waren organische Substanzen in den Gewässern aufgelöst, welche die Oxydation verhinderten. Eine mit Zucker versetzte Eisenvitriol-Lösung zu einer Lösung von kohlensaurem Kalk in kohlensaurem Wasser getröpfelt verhindert jedoch nicht im mindesten die Oxydation des kohlensauren Eisenoxyduls; denn das Opalisiren und der Absatz von Eisenoxydhydrat zeigte sich eben so schnell, wie in dem vorhin angeführten Versuche.

Als endlich zu einer Lösung von kohlensaurem Kalk in kohlensaurem Wasser eine Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd gesetzt wurde, bildeten sich bald darauf grünlich weifse Flöckchen und nach dem theilweisen Abdampfen der Flüssigkeit setzte sich ein grünlicher Niederschlag ab, dem auch nicht eine Spur von kohlensaurem Kalke beigemengt war, während die abfiltrirte Lösung schwefelsauren Kalk enthielt. Die Zersetzung des kohlensauren Kalks durch das schwefelsaure Kupferoxyd war daher vollständig von Statten gegangen, und die bald nach der Zersetzung erfolgte Ausscheidung von Flokken zeigt, dafs das kohlensaure Kupferoxyd schwerlöslicher im kohlensauren Wasser ist, als der kohlensaure Kalk, wie diefs auch sein mufs, da Malachit in Verdrängungspseudomorphosen nach Kalkspath vorkommt *).

Monheim's Angabe, dafs saurer kohlensaurer Kalk schwefelsaures Zinkoxyd und schwefelsaures Eisenoxydul in kohlensaures Zinkoxyd und kohlensaures Eisenoxydul zersetzt,

*) Blum die Pseudomorphosen u. s. w. S. 306 ff.

hat sich daher vollkommen bestätigt, und ebenso verhält sich auch der saure kohlensaure Kalk zu schwefelsaurem Kupferoxyd.

Monheim, sehr beharrlich und gründlich die Processe verfolgend, wodurch die Zinkerze und ihre pseudomorphen Bildungen entstanden sind, bestimmte ihre Löslichkeit, und fand, dafs 10000 Th. mit Kohlensäure gesättigtes Wasser 8 bis 8,2 Th. durch kohlensaures Natron gefälltes basisch kohlensaures Zinkoxyd, und 4,12 Th. Kieselzinkerz auflösen, dafs gepülverter krystallisirter Zinkspath viel schwerlöslicher als jenes künstlich dargestellte Carbonat ist*), und dafs sich das Kieselzinkerz in reinem kochenden Wasser nicht auflöst. Nach dem Abdampfen der Lösung des Kieselzinkerzes in kohlensaurem Wasser blieb ein Rückstand von kieselsaurem Zinkoxyd mit kohlensaurem Zinkoxyd. Durch einen andern Versuch überzeugte er sich, dafs sich Kieselzinkerz auch ohne die mindeste Zersetzung in kohlensaurem Wasser auflösen kann. Strömt aber Kohlensäuregas anhaltend durch eine solche Lösung: so findet eine theilweise Zersetzung statt, wobei die ausgeschiedene Kieselsäure aufgelöst bleiben kann. Monheim fand ferner, dafs kieselsaures Natron aus einer Lösung des kohlensauren Zinkoxyds in kohlensaurem Wasser kieselsaures Zinkoxyd mit etwas kohlensaurem Zinkoxyd niederschlägt, und vermuthet daher, dafs die Auflösungen von kieselsaurem Kalk und kieselsaurer Magnesia dieselben Zersetzungen bewirken werden.

Die Möglichkeit der pseudomorphen Bildungen des kohlensauren und kieselsauren Zinkoxyds nach Formen von Kalkspath aus Gewässern, welche diese Zinksalze aufgelöst enthalten, erklärt sich ganz genügend, wenn man beachtet, dafs diese Zinksalze schwerlöslicher in kohlensaurem Wasser sind, als der kohlensaure Kalk (S. 1134); denn dafs jene Verdrängungspseudomorphosen in Galmeilagern, in denen, wie in *Schlesien*, Blende nur äusserst sparsam vorkommt, unmittelbar durch solche Lösungen gebildet wurden, ist wohl unzwei-

---

*) Er bezieht sich hinsichtlich dieser ungleichen Löslichkeit auch auf meine Versuche (B. I. S. 378), wonach künstlicher kohlensaurer Kalk gleichfalls leichtlöslicher, als natürlicher ist. Vergl. auch S. 1139.

felhaft. Monheim's Versuche geben aber ausserdem Winke über die Bildung des Kieselzinkerzes aus kohlensaurem Zinkoxyd, wenn die wässrige Lösung desselben mit alkalischen Silicaten in Berührung kommt. Dafs bei den Ablagerungen am *Altenberg* lösliche Silicate, welche durch Kohlensäure zersetzt wurden, mitgewirkt haben, dafür spricht das Vorkommen von Quarz- und Eisenkiesel-Krystallen an einigen Stellen. Das dichte, mehr oder weniger Zinkspath haltende Kieselzinkerz, welches die Hauptmasse jener Ablagerung bildet, erscheint als ein Absatz aus seiner Lösung in kohlensaurem Wasser, sei es, dafs die halbgebundene Kohlensäure entweichen konnte, oder dafs sie, wie Monheim ganz richtig bemerkt, eine löslichere Verbindung (kohlensauren Kalk oder nach Krug v. Nidda selbst Dolomit) vorfand. Auf manchen dichten Zinkspäthen finden sich Kieselzinkerzkrystalle, und wo diese sitzen, sind jene angegriffen; es scheint daher, dafs auf diese Stellen eine Lösung von Kieselzinkerz tröpfelte, aus welcher das leichtlöslichere kohlensaure Zinkoxyd das schwerlöslichere Kieselzinkerz niederschlug. Das Kieselzinkerz würde daher das kohlensaure Zinkoxyd verdrängt, und sich, da dieses amorph ist, in seiner eigenen Krystallform abgesetzt haben. Da sich die Zinkspathkrystalle meist entweder auf dichtem Galmei, oder wohl am häufigsten auf krystallisirtem Kieselzinkerz finden: so sind sie gröfstentheils spätere, durch Wirkung der kohlensauren Gewässer auf dichten Galmei entstandene Bildungen. Je nachdem diese Gewässer gar keine organischen Substanzen oder nur wenig davon enthielten, wurde Eisenoxydhydrat und Manganoxydhydrat gar nicht oder nur in geringer Menge zu Oxydul reducirt; (B. I. S. 942) die Zinkspathkrystalle bildeten sich daher ziemlich rein oder mit etwas Eisenoxydul- und Manganoxydul-Carbonat verbunden aus. Alle Eisenzinkspath- und Zinkeisenspathkrystalle scheinen nach der Galmei-Ablagerung durch Wirkung von Kohlensäure und von, organische Ueberreste haltenden Substanzen auf den dichten Galmei, entstanden zu sein; denn nur dadurch erklärt sich, wie in Drusen eines Galmei, der nur wenige Procente Eisenoxydhydrat enthält, Krystalle anschiefsen, in denen bis 50 Proc. und noch mehr kohlensaures Eisenoxydul vorhanden sind. Weil demnach die Gewässer vom

Eisenoxydulcarbonat mehr aufnehmen, als vom Zinkoxydcarbonat: so ist zu schliefsen, dafs jenes leichtlöslicher als dieses ist, und diefs stimmt auch mit der Vergleichung der Löslichkeit des Sphärosiderits (B. I. S. 388) und des Zinkspaths (S. 1203) überein. Dafs die Eisenspath- und Zinkspathkrystalle in Folge der reducirenden Wirkungen organischer Substanzen entstanden sind, dafür sprechen auch die Manganzinkspathkrystalle vom *Herrenberg* bei *Kirn*, worin Monheim noch eine organische Substanz nachwies.

Derselbe fand theils auf Willemitkrystallen, theils im dichten Galmei des *busbacher Berges* scharf ausgebildete Rhomboëder in der Grundform des Zinkspaths fast ganz aus Eisenoxydhydrat und nur mit Spuren von Zinkspath zusammengesetzt; also Pseudomorphosen von Eisenoxydhydrat nach Zinkspath. Wenn hier, wie in allen Fällen, wo in Formen eines andern Minerals Eisenoxydhydrat erscheint, nicht dieses, sondern kohlensaures Eisenoxydul das verdrängende Mineral ist: so würde, im Widerspruche mit dem Vorhergehenden, daraus zu schliefsen sein, dafs kohlensaures Zinkoxyd leichtlöslicher als kohlensaures Eisenoxydul sei. Allein es ist zu beachten, dafs letzteres Carbonat, so wie es Gelegenheit hat, sich zu Eisenoxydhydrat zu oxydiren, einer der unlöslichsten Körper wird, die wir kennen; unzweifelhaft ist daher Eisenoxydhydrat bei weitem schwerlöslicher, als Zinkspath. Der Widerspruch ist also nur scheinbar: es verdrängt nicht das kohlensaure Eisenoxydul das kohlensaure Zinkoxyd, sondern das aus jenem hervorgegangene Eisenoxydhydrat ist es, welches den Zinkspath verdrängt und diese Verdrängung entspricht ganz dem allgemeinen Gesetze (S. 1144).

Es finden sich auch Pseudomorphosen von Eisenoxydhydrat nach Eisenzinkspath, deren Entstehung sich eben so erklären läfst, wie die nach Zinkspath. Erscheinen aber jene mehr oder weniger porös: so können sie auch blofs durch Fortführung des kohlensauren Zinkoxyds entstanden sein. Monheim spricht auch von Pseudomorphosen von Manganoxydhydrat nach Zinkspath im dichten Galmei, von deren Bildung dasselbe gilt, wie von der der vorstehenden Pseudomorphosen.

Da sich am *Altenberg* Gypskrystalle selten, und dichter Gyps gar nicht findet, auch andere schwefelsaure Salze da-

selbst nicht vorkommen: so schliefst Monheim, dafs sich der dortige Galmei nicht aus oxydirter Blende mittelst kieselsauren Kalks und sauren kohlensauren Kalks gebildet habe. Etwas schwieriger scheint ihm die Beantwortung der Frage, ob nicht kieselsaures Zinkoxyd eine ursprüngliche Bildung sein könne; denn diesem steht nicht entgegen, dafs der dortige Galmei auch kohlensaures Zinkoxyd enthält, da sich auch das Kohlensäure-freie drittelkieselsaure Zinkoxyd in kohlensaurem Wasser auflöst und durch durchströmende Kohlensäure theilweise zersetzt wird. Bei der Ablagerung des Galmei am *Altenberg* konnte sich daher jedenfalls aus kohlensauren Gewässern kohlensaures Zinkoxyd mit Kieselzinkerz absetzen.

Beachtet man, dafs die Hauptmassen des Galmei (kohlensaures und kieselsaures Zinkoxyd) in stehenden oder liegenden Stöcken, regellosen Lagern, Nestern und auf Drusenräumen stets im Kalkgebirge vorkommen: so müssen wir auf eine, mit dem kohlensauren Kalke gleiche Entstehungsart schliefsen. Ist dieser ein Zersetzungsproduct Kalksilicat haltender Gesteine (B. II. S. 53): so mufs man dasselbe vom Galmei vermuthen, und um so mehr, da im Kieselzink das Zinkoxyd als Silicat vorkommt. Gleichwohl ist von dem Vorkommen desselben in krystallinischen Gesteinen so viel wie nichts bekannt. Nur Trolle-Wachtmeister *) fand in einer Art Fahlunit 0,3 Proc. Zinkoxyd, und Krug von Nidda **) berichtet, dafs sich die Melaphyre bei *Krzescowize*, *Poremba* und *Zatas* im ehemaligen Freistaate *Krakau* durch einen namhaften Zinkgehalt auszeichnen. Berücksichtigt man indefs, dafs geringe Mengen Zinkoxyd bei der Analyse krystallinischer Gesteine leicht entgehen können, wenn darauf nicht besonders geprüft wird: so kann es noch in vielen verborgen sein.

Wir können dieses Kapitel nicht ohne einige allgemeine Bemerkungen über das merkwürdige Verhalten des kohlensauren Kalks zu andern im Mineralreiche vorkommenden Carbonaten schliefsen. Der kohlensaure Kalk kommt mit allen diesen Carbonaten, häufig mit mehreren zugleich, aber selten nach

---

*) Berzelius Jahresbericht VIII. S. 215.
**) A. a. O.

bestimmten Verhältnissen verbunden vor *). Er ist das erste Carbonat, welches aus diesen Verbindungen durch kohlensaure Gewässer fortgeführt wird; von den Verbindungen mit Magnesia, Eisenoxydul und Manganoxydul-Carbonat ist es gewifs (S. 1149. 1176 u. 1179), von anderen wahrscheinlich. Er wird verdrängt von Magnesiacarbonat theilweise, von Zinkoxyd-, Eisenoxydul-, Manganoxydul und Kupferoxyd-Carbonat vollständig, wie diefs durch Verdrängungspseudomorphosen dieser Carbonate nach Kalkspathformen nachgewiesen ist.

Die Verdrängungspseudomorphosen des Eisenoxydul- und Zinkoxyd-Carbonats nach Kalkspath haben wir kennen gelernt (B. II. S. 823 u. S. 1196); die Verdrängung des Kalkspaths durch Strahlkies **) dürfte auch in diese Kategorie gehören; denn es ist schwer zu begreifen, dafs das Schwefeleisen als solches den Kalkspath verdrängt haben sollte. Wahrscheinlich ist diefs durch kohlensaures Eisenoxydul bewirkt worden, welches sich hierauf in Eisenoxydhydrat und durch schwefelsaure Salze und organische Substanzen in Schwefeleisen umgewandelt hat.

Verdrängungspseudomorphosen von Manganoxydulcarbonat nach Kalkspath kennt man zwar nicht, wohl aber von Manganit, Pyrolusit und Hausmannit nach Kalkspath. Dafs es jedoch bei diesen Manganerzen Manganoxydulcarbonat-haltige Gewässer waren, welche die Verdrängung bewirkt haben, kann keinen Augenblick zweifelhaft sein. Es ist interessant zu hören, wie sich der verstorbene Voigt ***) über den Braunsteingang im Porphyr bei *Oehrenstock* unweit *Ilmenau* äufsert. „Der ganze Raum, der jetzt mit Braunstein erfüllt ist, mufs sonst Kalkspath gewesen sein, theils derb, theils krystallisirt. Wenn aber dieser, um dem Braunstein Platz zu machen, vernichtet werden mufste, wo kamen wohl die For-

*) *Delesse* (n. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1847. S. 851) zerlegte einige Mineralien, welche als Kalk-Zink-Malachite zu betrachten sind, und an mehreren Orten vorkommen. Eine Verbindung des kohlensauren Kupferoxyds mit kohlensaurem Kalk, welche bis jetzt unbekannt war, schliefst sich daher den obigen zusammengesetzten Carbonaten an.

**) Blum die Pseudomorphosen S. 299.

***) v. Leonhard's Taschenb. f. Min. B. XV. 1821. S. 918 ff.

men hin, die von den Krystallisationen übrig geblieben sein sollen? Hätten diese nicht zugleich mit vernichtet werden müssen? Auch wird in den sämmtlichen Braunsteingängen dieser Gegend nicht die mindeste Spur von Kalk angetroffen, welches wohl den Schlufs zuläfst, dafs er auch niemals vorhanden gewesen sein dürfte.“ So schrieb vor 30 Jahren ein trefflicher Beobachter und nicht viel anders würde man jetzt noch schreiben, wenn man nicht erkannt hätte, dafs Gewässer Gesteine in Auflösung fortführen, und dagegen andere absetzen. Blum *) hält fast keine Pseudomorphose für mehr geeignet, den Vorgang der Verdrängung anschaulich zu machen, als den Manganit in Kalkspath-Formen. Kalkspath mufs vorher da gewesen sein, Manganit hat ihn theils überzogen, theils ganz verdrängt und in jenem Falle wurden gewöhnlich hohle Krystalle, in diesem erfüllte gebildet. Ganz richtig hält er Manganoxydulcarbonat in kohlensaurem Wasser gelöst für diejenige Manganverbindung, welche die Verdrängung bewirkt und sich nachher durch Verlust von Kohlensäure und Aufnahme von Sauerstoff in Manganit umgewandelt hat. Auf den Porphyrgängen bei *Ilefeld* finden sich sogar Drusen, in denen die Spitzen der Krystalle noch aus Kalkspath bestehen. Auch Pyrolusit und Hausmannit finden sich in Formen von Kalkspath an denselben Fundorten. Die Krystalle sind theils hohl, theils ganz erfüllt **). Unzweifelhaft hat da, wo die Krystalle ganz erfüllt sind, der Absatz des kohlensauren Manganoxyduls noch nach der gänzlichen Fortführung des kohlensauren Kalks statt gefunden. Der in Kalklagern nicht selten vorkommende Manganit mag wohl meist durch Verdrängung des kohlensauren Kalks entstanden sein, in welchem Falle er natürlich seine eigenen Krystallgestalten angenommen hat.

Vom Malachit führt Blum mehrere Fundorte von Verdrängungspseudomorphosen nach Kalkspath - Formen an. Im *Orenburgischen Gouvernement* erscheinen sie als sehr junge Bildungen in historischen Zeiten. Auch das nicht seltene Auftreten des Malachit in Kalksteinen deutet auf eine solche Verdrängung, wobei er natürlich in seinen eigenen Krystallfor-

---

*) Die Pseudomorphosen S. 261.

**) Ebend. S. 258 und 260.

men, wenn überhaupt krystallisirt, erscheint. Der Theorie nach kann auch das kohlensaure Bleioxyd den Kalkspath verdrängen. Da es in Verdrängungspseudomorphosen nach Baryt- und Flufsspath vorkommt: so ist um so mehr zu erwarten, dafs man auch noch Verdrängungspseudomorphosen des kohlensauren Bleioxyds nach Kalkspath finden werde.

Der kohlensaure Kalk wirkt daher als Fällungsmittel auf die genannten Carbonate, wenn dieselben in kohlensauren Gewässern gelöst mit ihm in Berührung kommen, und er mufs als solches wirken, da er, mit Ausnahme der kohlensauren Magnesia, das leichtlöslichste unter allen diesen Carbonaten ist. Defshalb ist auch die Verdrängung der kohlensauren Kalkerde durch kohlensaure Magnesia nur eine theilweise (S. 1149).

Der kohlensaure Kalk ist auch ein Fällungsmittel der Eisenoxydul-, Zinkoxyd- und Kupferoxyd-Sulphate, indem er, im kohlensauren Wasser aufgelöst, diese Sulphate in Carbonate umwandelt (S. 1200 ff.). Der von Zinken angeführte Kalkmalachit *), welcher kohlensauren und schwefelsauren Kalk enthält, ist wahrscheinlich von solcher Entstehung **). Es ist zu vermuthen, dafs der saure kohlensaure Kalk auch Kobaltoxyd- und Nickeloxyd-Sulphat zersetzt. Da Kobaltvitriol in alten Gruben wirklich vorkommt: so ist eine solche Zersetzung denkbar. Man hat aber bis jetzt weder kohlensaures Kobaltoxyd noch kohlensaures Nickeloxyd im Mineralreiche gefunden.

Der kohlensaure Kalk ist es demnach, welcher seiner Leichtlöslichkeit wegen eine grofse Zahl metamorphischer Processe im Mineralreiche bedingt. Nur die kohlensaure Magnesia könnte eine eben so wichtige Rolle spielen, wenn ihr Vorkommen als Magnesit nicht ein so sehr seltenes wäre. Dafs der Dolomit, wie der kohlensaure Kalk, von andern Carbonaten verdrängt werden kann, ist sehr wahrscheinlich; bis jetzt ist diefs aber nur vom Galmei erwiesen (S. 1192). Er macht es möglich, dafs sich bedeutende Lager von Eisen-, Zink- und

---

*) Rammelsberg Handwörterbuch, erst. Suppl. S. 94.

**) Dafs kohlensaurer Kalk unter gewissen Umständen auch schwefelsaure Magnesia zersetzen kann, haben wir oben (S. 1107) gesehen.

Manganerzen mitten in Kalksteinen und in Dolomiten (S. 1166) bilden, und dafs selbst Minima von Salzen dieser Metalle in Gewässern gelöst, zur Abscheidung kommen können. Da der Kalkspath so häufig als Gangmasse in den Erzgängen auftritt: so hat er unzweifelhaft einen grofsen Einflufs auf die Abscheidung der Erze ausgeübt. Der Kalkspath scheint das einzige Mineral zu sein, welches vom Feldstein (B. II. S. 313 ff.) und vom Flufsspath verdrängt wird.

Eine Verdrängungspseudomorphose von Flufsspath nach Kalkspath wurde auf der Grube *Teufelsgrund* bei *Niedermünsterthal* gefunden, und von Blum *) beschrieben. Sie bietet das erste Beispiel des Vorkommens des Flufsspaths in der Form eines andern Minerals dar, während nicht selten verschiedene Mineralien in Flufsspath-Formen gefunden werden (B. I. S. 491). Auf einer Unterlage von derbem Quarz sitzt ein ungefähr $1\frac{1}{2}$ Zoll langer Krystall, welcher mit zwei anderen verwachsen ist. Die Oberfläche dieser Krystalle ist drusig und uneben, welches von höchst kleinen Flufsspathkryställchen in Würfeln mit sechsfacher Enteckung herrührt. Das Innere scheint ganz mit Flufsspath erfüllt zu sein. Diese Verdrängungspseudomorphose steht nicht isolirt da. Bournon **) führt an, dafs im Bergkalke von *Derbyshire* Entrochiten (Cyathocrinites) vorkommen, von denen die eine Hälfte aus Flufsspath, die andere aus Kalkspath besteht. In Werner's Sammlung findet sich ein ausgezeichneter Crinoideenstiel in krystallisirtem Flufsspath eingeschlossen und Sack ***) beschreibt Säulenglieder von Rhodocrinites verus *Goldf.*, welche beim Zerschlagen eines grofsen Flufsspathkrystalls zum Vorschein kamen. Auch das nicht seltene Vorkommen des Flufsspaths in Kalksteinen (B. I. S. 489) und in fossilen Knochen (S. 492 ff.) deutet auf eine Fällung desselben aus Gewässern durch den kohlensauren Kalk der Kalksteine, wie der Knochen. Denn wenn auch die allgemeine Verbreitung der Fluorüre in Gewässern (S. 492 ff.) uns wegen des Materials nicht in Verlegenheit setzt: so würde doch

*) Nachtrag S. 19 ff.

**) *Catalogue de sa Collection* etc. p. 11.

***) Jahresber. des naturwissensch. Vereins in Halle 1849—50. S. 77.

die Gegenwart des Fluorcalcium nach gerade in fossilen Knochen bis zu 10,65 bis 11,68 Proc. Proc. ein Räthsel bleiben, wenn nicht der kohlensaure Kalk mit gutem Grunde für das Fällungsmittel gehalten werden könnte. Nach Dana *) scheinen in der Korallen-Masse die Fluorüre 0,25, die phosphorsauren Salze 0,05 Proc. zu betragen; ein Korallenriff von 1 Meil. Länge, $\frac{1}{2}$ M. Breite und 100 Fufs Höhe würde daher über 500 Millionen Pfund von diesen Verbindungen enthalten. Das Vorkommen von Flufsspath, Apatit und Chondrodit in Kalksteinen, welche aus Korallen- und Konchylien-Resten zusammengesetzt sind, erklärt sich also aus der Gegenwart jener Substanzen und der Kieselsäure, welche etwas weniger, als die Fluorüre beträgt; aber gewifs nicht, wie Dana meint, blofs aus einer Anziehung und Zusammenhäufung gleicher Atome. Kohlensäure-haltige Gewässer, welche durch solche Kalksteine dringen, lösen kohlensauren Kalk und Fluorcalcium auf. An Stellen, wo sie stagniren, findet der Austausch zwischen dem kohlensauren Kalke des Gesteins und dem aufgelösten Fluorcalcium statt: dieses setzt sich ab, von jenem nehmen die Gewässer eine entsprechende Menge auf und führen sie, so wie den schon aufgelösten kohlensauren Kalk fort. So wird es begreiflich, wie sich selbst Flufsspathwürfel von mehr als ein Cubikfufs Gröfse, wie man sie unlängst an den Ufern des *Musculongesee* in *New-York* gefunden hat, nach und nach absetzen und sich Platz verschaffen können. Dana räumt ein, dafs Flufsspath unter Wasser krystallisiren könne, weil er im Wasser löslich ist und im Meerwasser wirklich vorkommt. Apatit und Chondrodit sollen aber Hitze voraussetzen, weil sie sich in körnigen Kalksteinen finden. Durch die Hitze, welche den Kalkstein in körnigen Kalk umgewandelt hat, sollen sich also diese Mineralien gebildet haben. Es ist sonderbar, wie man sich durch unhaltbare Hypothesen verführen läfst, analoge Erscheinungen verschiedenen Ursachen zuzuschreiben. Kommt denn nicht auch der Flufsspath im körnigen Kalksteine vor, und ist nicht auch der Apatit im Wasser löslich? Ist etwa der Fluorapatit (B. I. S. 488) eine halb plutonische und halb neptunische Bildung? — Wann wird es

*) N. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1847. S. 369.

denn einmal dahin kommen, dafs man solche Ansichten nicht mehr zu widerlegen braucht! — Verdrängungspseudomorphosen von Apatit nach Kalkspath kennen wir nicht; da aber jener viel schwerlöslicher als dieser ist (B. I. S. 722): so ist es nicht unwahrscheinlich, dafs auch der Apatit durch den kohlensauren Kalk aus seiner wässrigen Lösung niedergeschlagen werden kann, und daher gerade so, wie der Flufsspath in Kalksteinen entsteht.

Der umgekehrte Fall, Pseudomorphosen von Kalkspath nach Flufsspath, kommt auch vor. Breithaupt hatte die Güte, mir eine solche Pseudomorphose aus dem *Forstwalde* bei *Schwarzenberg* im *Erzgebirge* zu zeigen. Da nach meinen Versuchen heifses, Kalicarbonat haltiges Wasser Flufsspath zersetzt (B. I. S. 498): so wird auch kaltes Wasser nicht ohne alle Wirkung sein, und da alkalische Carbonate so häufig in Gewässern aufgelöst sind: so ist die Zersetzung des Flufsspaths in kohlensauren Kalk sehr wohl zu begreifen. Beachtet man überhaupt die mannichfaltigen und in den verschiedensten Verhältnissen in Gewässern enthaltenen Bestandtheile, welche theils zersetzend, theils verdrängend wirken: so leuchtet die Möglichkeit ein, wie ein Mineral A in der Form eines andern Minerals B und umgekehrt B in der Form von A vorkommen kann.

Von solcher Bedeutung sind die merkwürdigen geologischen Verhältnisse des kohlensauren Kalks, dafs wir immer wieder auf ihn zurückgeführt wurden, und doch glauben wir blofs die ersten Grundlinien gezogen zu haben.

## Kap. XVI.

### Die Mineralien der letzten Umwandlungsprocesse.

Die Mineralien der letzten Umwandlungsprocesse sind diejenigen, welche keiner weiteren Umwandlung mehr fähig sind. Wir können sie vergleichen mit den Früchten des Pflanzenreichs. So wie in der gereiften Frucht die organischen Bildungs- und Umbildungsprocesse, so haben auch in jenen Mineralien die unorganischen Bildungs- und Umbildungsprocesse ihr Ende erreicht. So wie im Pflanzenreiche, so sind auch im Mineralreiche Wasser, Kohlensäure und Sauerstoff die Hauptagentien, welche bilden und umbilden.

So ähnlich sich aber auch die chemischen Processe in beiden Reichen sind, wenn wir blofs die wirkenden Substanzen betrachten: so verschieden erscheinen sie, wenn wir die Bedingungen beachten, unter welchen sie im Pflanzen- und im Mineralreiche erfolgen.

Bei weitem die meisten Processe gehen im Mineralreiche bei gänzlicher Abwesenheit des Lichts von Statten. Die Pflanzen auf der Erdoberfläche können aber nur bei Gegenwart des Lichtes wachsen. Nur im Lichte vermögen sie die Kohlensäure zu zerlegen und sich den Kohlenstoff anzueignen.

Ein gewifses Maafs von Wärme ist für die Processe im Mineral-, wie im Pflanzenreiche erforderlich. Das Minimum ist für beide gleich; denn unter dem Gefrierpuncte des Wassers stehen in beiden Reichen die chemischen Processe still. In dieser Temperatur bewegen sich weder in den Pflanzen, noch in den Gesteinen Gewässer: die Bedingungen des Bildens und des Umbildens hören auf. Die mit ewigem Schnee

und Eis bedeckten Gesteine in der Polarzone so wie über der Schneegränze vermögen sich nicht zu verändern; denn es circuliren in ihnen keine Gewässer, welche ihnen Sauerstoff und Kohlensäure zuführen könnten. Dieses Stillstehen der chemischen Processe unter dem Gefrierpuncte des Wassers erstreckt sich aber nur auf eine dünne Kruste; denn mit zunehmender Temperatur nach dem Innern unserer Erde kommen die tieferen Schichten der Gesteine bald in Regionen, wo das Wasser nicht mehr ein starrer Körper ist.

So wie nur das Wasser aus der starren Aggregatform in die tropfbarflüssige übergeht, beginnen die chemischen Processe im Mineral- wie im Pflanzenreiche. In diesem kommen wir aber bald auf ein Maximum, welches nicht überschritten werden darf, ohne dafs das Pflanzenleben erstirbt. Dieses Maximum liegt nahe dem Siedepuncte des Wassers; ja es scheint sogar diesen Temperaturgrad zu erreichen *). Die Processe im Mineralreiche sind aber an kein Maximum gebunden, schon defshalb nicht, weil der unorganische Erdkörper in seinem Innern der Träger hoher Temperaturen ist. Ob die Kunst noch höhere Temperaturen hervorbringen kann, ob die durch Verbrennung der Knallluft, durch grofse Brennspiegel und durch die Entladung kräftiger elektrischer Säulen entwickelte Wärme noch höher ist, als die im Innern unserer Erde, ist wahrscheinlich, braucht aber hier nicht erörtert zu werden.

Mit Zunahme der Temperatur steigert sich die Intensität der chemischen Processe. Aber in vielen Fällen kehren sich die Verwandtschaften um. Haben wir nur diejenigen Processe im Auge, welche die geologisch wichtigsten Umbildungen bewirken: so ist diese Umkehrung der Verwandtschaften ein allgemeines Gesetz. In gewöhnlicher Temperatur zersetzt die Kohlensäure die Silicate; diese Zersetzung findet da ihre Grenze, wo sich diese Säure nicht mehr mit den Basen verbinden kann. Die Thonsilicate, der Thon und das Kaolin, widerstehen der Zersetzung durch die Kohlensäure, weil sich diese nicht mit der Thonerde zu verbinden vermag. In erhöhter Temperatur treibt die Kieselsäure die Kohlensäure aus

*) Meine Wärmelehre des Innern unsers Erdkörpers S. 351 ff.

ihren Verbindungen aus. Die Siedhitze scheint die Grenze zu sein, wo sich die Verwandtschaften umkehren; denn in dieser Hitze fängt die Kieselsäure an, die Kohlensäure aus den Carbonaten auszutreiben (B. II. S. 789).

Die plutonische Schule räumt den in hoher Temperatur von Statten gehenden Processen den gröfsten Antheil an den Bildungen und Umbildungen in dem uns bekannten Theile der Erdkruste ein: mit welchem geringen Rechte, das glauben wir hinlänglich bewiesen zu haben, und werden es noch weiter beweisen.

Werfen wir noch einen Blick auf die Aehnlichkeit zwischen den Bildungs- und Umbildungsprocessen im Pflanzen- und im Mineralreiche: so kann nicht entgehen, dafs mit ihrer Vollendung die Aehnlichkeit verschwindet. Der durch chemische Processe im Mineralreiche ausgeschiedene Quarz, das durch Kohlensäure in Carbonat zersetzte Kalksilicat trotzen in gewöhnlicher Temperatur allen weiteren Einwirkungen der Atmosphärilien. Weder der Sauerstoff noch die Kohlensäure können weitere Veränderungen bewirken. Wäre der Quarz absolut unauflöslich in Wasser: so würde seine Existenz auf der Oberfläche der Erde eine unvergängliche sein. Der kohlensaure Kalk kann nur Ortsveränderungen erleiden, indem er sich, von kohlensäurehaltigen Gewässern aufgelöst, nach Verlust der aufgenommenen Kohlensäure, wieder als kohlensaurer Kalk da absetzt, wo er durch Gewässer hingeführt wird. Die Früchte, das vollendete Product der chemischen Processe im Pflanzenreiche, können sich den weiteren Einwirkungen der Atmosphärilien nicht entziehen. Der Samen bildet den Anfang einer neuen Schöpfung des Pflanzenreichs, die Hülle, welche ihn, wie in den Obstarten, umgiebt, unterliegt, so wie der Reifungsprocefs sein Ende erreicht hat, der zerstörenden Fäulnifs. Dieselben Stoffe, Wasser und Kohlensäure, welche zur Bildung der Frucht wesentlich beigetragen haben, zerstören sie.

Der Uebergang von dieser allgemeinen Betrachtung zum Gegenstande dieses Kapitels liegt nahe. Die Mineralien der letzten Umwandlungsprocesse, welche in den, der Atmosphäre nahe gelegenen Theilen der Erdkruste von Statten gehen, sind nicht mehr, oder wenigstens nur in einem sehr beschränkten

Grade den weiteren Einwirkungen der Atmosphärilien unterworfen. Wir können sie in vier Classen bringen.

Zur ersten Classe gehören die Oxyde, welche sich nicht höher oxydiren können. Oben an steht der Quarz in seinen verschiedenen Abänderungen, dessen ungemein häufiges Vorkommen von keinem andern Oxyd übertroffen wird. Ihm zunächst folgt in der Frequenz das Eisenoxyd, an welches sich das Mangansuperoxyd reiht.

Die zweite Classe umfafst die Hydrate, deren Oxyde keiner höheren Oxydation fähig sind. Das wichtigste und am meisten verbreitete ist das Eisenoxydhydrat.

Zur dritten Classe gehören die Carbonate, deren Basen keiner höheren Oxydation fähig sind: kohlensaure Erden und kohlensaure Metalloxyde. Oben an steht die kohlensaure Kalkerde, das bei weitem am häufigsten verbreitete Carbonat; daran reihen sich der Dolomit und andere Carbonate.

Die vierte Classe enthält diejenigen Silicate, welche den Wirkungen der Atmosphärilien am meisten zu trotzen vermögen. Sie sind entweder zusammengesetzte oder einfache Silicate. Zu jenen gehören: Glimmer, Chlorit, Serpentin, Asbest und Amianth; zu diesen: Speckstein, Talk und Thon.

Das merkwürdigste unter den Umwandlungsproducten ist unstreitig der Glimmer. Kein zusammengesetzter Körper des Mineralreichs ist in Beziehung auf vollendete Ausbildung mit dem Glimmer zu vergleichen. Im Glanze, in der Theilbarkeit übertrifft er alle anderen, in der Beständigkeit und Unveränderlichkeit steht er kaum einem anderen nach. Daher kommt es, dafs wir nur zwei Pseudomorphosen in Formen von Glimmer finden: Speckstein (B. I. S. 502) und Hornstein nach Glimmer, während er selbst als Pseudomorphose einer grofsen Zahl von Mineralien auftritt.

Der Glimmer findet sich in Begleitung von völlig zersetzten Mineralien, während er selbst nicht im mindesten verändert erscheint. Seine grofse Unveränderlichkeit ist um so auffallender, da kein anderes Mineral so höchst vollkommen spaltbar ist, wie er. Je spaltbarer aber ein Mineral, desto leichter wird es vom Wasser durchdrungen und desto mehr ist es den zersetzenden Agentien ausgesetzt. Jede Glimmertafel erscheint als ein Buch; die einzelnen Glimmerblätter

haften kaum mehr an einander, als die Papierblätter desselben. Dringt das Federmesser nur eben zwischen die Glimmerblätter ein: so trennen sie sich mit Leichtigkeit; denn nur ihre Adhäsion ist zu überwinden. So wie der vergoldete oder bemalte Schnitt eines Buchs die Entblätterung desselben erschwert, so ist es auch nicht selten ein Ueberzug auf den Kanten der Glimmerblätter, welcher sie auf denselben zusammenkittet und der Spaltbarkeit einige Schwierigkeiten entgegensetzt.

Sind die Schichten eines glimmerreichen Gneifses, wie bei *Aschaffenburg*, welcher die bekannten schönen Parthien silberweifsen Glimmers oft von ungewöhnlicher Gröfse enthält, stark geneigt: so dringen die Meteorwasser mit Leichtigkeit zwischen die Blätter ein. Sie sind daher den günstigsten Verhältnissen zur Zersetzung ausgesetzt.

Ich habe aus der Quadratfläche und aus dem Gewichte ausgeschnittener Glimmerblättchen ihre Dicke bestimmt. Hierauf spaltete ich sie so lange, als es noch möglich war. So wurden Blättchen erhalten, welche 0,00016 bis 0,00003 Linien dick waren, ohne dafs jedoch die Grenzen der Spaltbarkeit erreicht wurden. Die meisten solcher überaus dünner Glimmerblättchen zeigen unter der Lupe deutlich, dafs sie noch weiter spaltbar sind. Entweder sieht man, wenn man sie schief gegen das einfallende Licht hält, Blasen ähnliche Stellen, die sich durch ihre weifse Färbung auszeichnen und von aufliegenden Blättchen gebildet werden, welche sich mit der Federmesser-Spitze meist ablösen lassen, oder man erblickt irreguläre Curvenlinien, welche die Grenzen aufliegender Blättchen bilden, und manchmal gleichfalls noch abgelöset werden können. Nicht selten erscheinen mehrere solcher Curven concentrisch und bezeichnen dann eben so viele über einander liegende Blättchen. Auch die concentrisch farbigen Ringe, welche sich bei schiefer Stellung der Glimmerblättchen gegen das einfallende Licht zeigen, deuten auf Zwischenräume, mithin auf über einander liegende Glimmerblättchen. Die Grenzen der wirklichen Spaltbarkeit kann man daher nie erreichen, und Hauy's Berechnung, wonach es Glimmerblättchen von $\frac{1}{900000}$ Linie geben kann (B. II. S. 981), dürfte wohl nicht ein unmögliches Resultat geliefert haben. Solche Glimmer-

blättchen sind noch dünner als die Vergoldung auf den Tressen, welche nach Reaumur nur $\frac{1}{500000}$ Linie Dicke hat.

Dafs Gewässer nicht blofs zwischen die aufklaffenden Blätter einer Glimmertafel, sondern auch zwischen die an einander adhärirenden Blättchen dringen, kann nicht bezweifelt werden. Selbst ziemlich dünne Blättchen des *Aschaffenburger* Glimmers erscheinen, wenn man sie von dem fleischfarbenen Staube, der sie meist mehr oder weniger überzieht, gereinigt hat, wenig durchsichtig. Spaltet man sie, so zeigt sich derselbe Staub auf den Spaltungsflächen. Wäscht man ihn ab, so werden sie durchsichtiger und diese Durchsichtigkeit nimmt bei fortgesetztem Spalten und Reinigen immer mehr zu. Nicht immer gelingt es aber, auf diese Weise ganz durchsichtige Blättchen zu erhalten, und so lange sich noch trübe Stellen zeigen, sind immer noch Spaltungsflächen mit zwischen liegendem Staube vorhanden. Dieser Staub kann nur durch Gewässer eingeführt worden sein; denn wäre er ein Zersetzungsproduct des Glimmers, so müfsten die Blättchen, auf welchen er liegt, angegriffen erscheinen, oder wenigstens ihren Glanz verloren haben. Sie zeigen aber nicht die geringste Veränderung. Behandelt man mit heifser Salzsäure eine solche Glimmertafel: so wird der Staub aufgelöst, und sie wird durchsichtiger. In der Auflösung findet man Eisenoxyd, Thonerde, Kalkerde und Magnesia. Die Salzsäure dringt also zwischen alle und selbst zwischen die stark adhärirenden Glimmerblättchen ein, und eben so waren auch die Gewässer dazwischen eingedrungen und hatten den Staub abgesetzt.

Betrachtet man diese Verhältnisse etwas näher, so mufs es höchst merkwürdig erscheinen, wie ein Mineral, welches so zertheilt ist, wie kein anderes, der Zersetzung widerstehen kann. Denken wir uns eine Glimmertafel von der Gröfse und in der Form eines Würfels von 1 Zoll Seite und ist jedes Blättchen 0,00003 Linie dick: so ist die Zahl derselben 399996 und die Summe ihrer sämmtlichen Oberflächen 5555 Quadratfufs, gleich einem Quadrat von 74 Fufs Seite, und das Gewicht ist nur $3\frac{2}{3}$ Loth. Giebt es sogar Glimmerblättchen von $\frac{1}{900000}$ Linie Dicke; kommen also 12. 900000 = 10800000 Blättchen auf einen Cubikzoll: so beträgt die Ge-

sammtoberfläche derselben 150000 Quadratfuſs, gleich einem Quadrat von 387 Fuſs Seite. Gegen solche Oberflächen verschwindet, so zu sagen, die Masse.

Dringt, wie nicht zu bezweifeln, zwischen die sämmtlichen Spaltungsflächen einer Glimmertafel Wasser: so ist jedes Blättchen zu beiden Seiten dem Angriffe dieses Wassers, des Sauerstoffs und der Kohlensäure, welche jenes mit sich führt, ausgesetzt. Fände daher nur der mindeste Angriff statt: so würden solche ausserordentlich dünne Blättchen sogleich durch und durch zersetzt werden. Ungeachtet dessen nehmen wir nicht die mindeste Veränderung in ihnen wahr. Sie sind, wenn wir den feinen Staub abwischen, vollkommen durchsichtig und haben ihren vollen Glanz.

Der Glimmer erscheint demnach als ein Mineral, in welchem die Verwandtschaft der Bestandtheile zu den Atmosphärilien fast Null geworden ist. Er ist das Product einer Einwirkung des Wassers, des Sauerstoffs und der Kohlensäure auf verschiedene Mineralkörper, und der dadurch bewirkten Ausscheidung alles dessen, was sich mit diesen Agentien verbinden kann. Daher giebt es eine so groſse Zahl von Mineralien, welche einer Umwandlung in Glimmer fähig sind. Daher kommt es, daſs kein anderes Mineral in seiner Mischung so variirt, wie der Glimmer; denn er bildet sich aus den Resten der verschiedensten Mineralien, nachdem alles durch die Atmosphärilien Ausziehbare abgesondert worden ist.

Was vom Glimmer gilt, hat im Allgemeinen auch Bezug auf die übrigen, aus zusammengesetzten Silicaten bestehenden Mineralien der letzten Classe. Sehr bemerkenswerth ist, daſs sich unter diesen Chlorit und Talk gleichfalls durch ihre sehr vollkommene Spaltbarkeit oder Theilbarkeit auszeichnen. Auch im Asbest und Amianth, in diesen Umwandlungsproducten des Augits und der Hornblende (S. 546) finden wir eine ausserordentliche Theilbarkeit in höchst feine leicht trennbare Fasern. Auch diese fein zertheilten Mineralien erhalten sich nur, weil sie die Reste von anderen Mineralien sind, aus denen alles durch die Atmosphärilien Ausziehbare ausgeschieden worden ist.

Wenn sich im ganzen Mineralreiche ein Kreislauf zeigt,

so müssen wir fragen, ob denn die Mineralien der letzten Umwandlungsprocesse nicht mehr in diesen Kreislauf zurückkehren? — Eine ewige Dauer haben auch diese nicht. Diejenigen unter ihnen, welche sich durch eine, an Unauflöslichkeit grenzende Schwerlöslichkeit auszeichnen, wie das Thonerde- und Magnesiasilicat, das Eisenoxyd, das Eisenoxydhydrat und der Quarz erhalten sich am längsten. Es ist sehr wahrscheinlich, dafs das Magnesiasilicat und das Thonerdesilicat unter gewissen Umständen die Anfangspuncte einer neuen Reihe von metamorphischen Processen werden. Vom Andalusit, der, als einfaches Thonerdesilicat, ein Zersetzungsproduct des Feldspaths sein kann (B. I. S. 360) wissen wir es, dafs er sich in Glimmer, Speckstein und Talk umwandeln kann (S. 363 u. 365). Werden die Magnesiasilicate von den Gewässern aufgelöst und fortgeführt: so werden auch sie zur Bildung neuer Mineralien verwendet. (B. I. S. 789 ff. B. II. 500 u. 1154). Der Natur stehen auch Mittel zu Gebote, das Eisenoxyd und den Quarz wieder in den allgemeinen Kreislauf zurückzuführen. Organische Substanzen sind es, welche das Eisenoxyd zu Eisenoxydul reduciren, und wieder löslich machen (B. I. S. 942). Organische Substanzen und schwefelsaure Salze wandeln das Eisenoxyd in Eisenkies um, der, Zersetzungsprocessen unterliegend, Material zu neuen Bildungen liefert. Moos und Pflanzen befördern die Zersetzung des Quarzes, die zerfressenen Quarze und die Pseudomorphosen in Formen von Quarz zeigen die Löslichkeit der Kieselsäure in dieser Modification, die kieseligen Bildungen der Infusorien weisen nach, wie organische Thätigkeit wieder Neues schafft. Die unorganischen Bestandtheile der Pflanzen und Thiere, das Wachsthum der Pflanzen auf dem Lande und in dem Meere lassen erkennen, wie das organische Reich in den Kreislauf der unorganischen Natur eingreift.

Die folgenden Kapitel sind den Mineralien der letzten Umwandlungsproducte der ersten, zweiten und vierten Classe gewidmet; denn die der dritten Classe haben wir bereits in den Kapiteln XIII bis XV betrachtet.

---

# Kap. XVII.

## Oxyde, welche sich nicht höher oxydiren können.

---

### A. Quarz.

Die Eigenschaften der Kieselsäure in ihren verschiedenen isomerischen Modificationen haben wir B. I. S. 758 ff. kennen gelernt. Seitdem ist man auf früherhin unbeachtet gebliebene Erscheinungen aufmerksam geworden, welche einiges Licht auf die kieseligen Bildungen im Mineralreiche werfen.

Mein verehrter Freund H. Rose bemerkt in gefälliger brieflicher Mittheilung, dafs alle Silicate, welche schwer und unvollständig durch Salzsäure zersetzt werden, die Kieselsäure als Pulver abscheiden, dafs aber die leicht und vollständig aufschliefsbaren mit der Säure eine Gallerte bilden. So scheidet sich nicht aus allen Zeolithen bei Behandlung mit Säuren die Kieselsäure als Gallerte ab, sondern aus mehreren, wie aus dem Stilbit, Epistilbit u. s. w. als Pulver; aber diese werden immer schwerer zersetzt, als jene.

Hieraus folgt, dafs sich aus demselben Minerale die Kieselsäure theils als Pulver, theils als Gallerte abscheiden wird, wenn dasselbe schon in seiner Lagerstätte durch Aufnahme von Wasser theilweise in den löslichen Zustand übergegangen ist. Aus diesem wird sich die Kieselsäure als Gallerte, dagegen aus dem noch in seiner ursprünglichen Beschaffenheit befindlichen Antheile als Pulver abscheiden. In diesem Falle giebt es Gemenge aus beiden Zuständen der Kieselsäure. So erhielt Kersten (B. II. S. 628) bei der Analyse dreier, durch Säuren zersetzbarer Labradore die Kieselsäure theils als schleimiges Pulver, theils als schleimige Masse; dem Pul-

ver scheint daher mehr oder weniger schleimige oder gallertartige Kieselsäure beigemengt gewesen zu sein. Aehnliche Beobachtungen wurden schon früher (B. I. S. 759) berührt. Bergemann*) konnte durch gewöhnliche Salzsäure Labradore nicht vollständig zerlegen; auch bei Anwendung des feinsten Pulvers und bei langem Digeriren wollte es wenigstens nicht gelingen. Wenn man nicht annehmen will, dafs solche Labradore schon ursprünglich aus zwei Mineralien von ungleicher Aufschliefsbarkeit durch Säuren bestanden haben: so bleibt keine andere Erklärung übrig, als dafs sie durch die zersetzenden Wirkungen der Gewässer, die wegen ihres, wenn gleich ungemein geringen Gehaltes an Kohlensäure, zu vergleichen sind mit ausserordentlich verdünnten Säuren, theilweise schon in den löslichen Zustand übergegangen sind. Dasselbe wird vom Oligoklas und Albit gelten, auf welche, nach Bergemann, gewöhnliche Salzsäure ebenfalls einwirkt. Gemeiner und glasiger Feldspath werden aber, nach ihm, selbst bei +160° R., davon nicht angegriffen.

Etwas Wesentliches dürfte wohl nicht gegen die Annahme zu erinnern sein, dafs die Kieselsäure den theils pulverigen, theils gallertartigen Zustand, welchen sie bei der künstlichen Ausscheidung aus Silicaten annimmt, auch dann noch beibehält, wenn sie sich in Gewässern auflöst. In diesem Falle würde sich die als Pulver oder als Gallerte aufgelöste Kieselsäure auch wieder im pulverförmigen oder im gallertartigen Zustande abscheiden. So hätten wir zwei verschiedene Zustände der Kieselsäure nach ihrem Absatze aus wässriger Lösung. Da sich, wie jene Labradore zeigen, aus demselben Minerale Kieselsäure in zwei verschiedenen Zuständen ausscheidet: so würde, nach jener Voraussetzung, eine solche Kieselsäure, nach ihrem Absatze aus wässriger Lösung, in beiden Zuständen zugleich erscheinen. Man würde sich hieraus die verschiedenen aus Gewässern abgesetzten, bald krystallisirten und wasserfreien, bald amorphen und wasserfreien oder wasserhaltigen kieseligen Bildungen erklären können, je nachdem die Gewässer entweder pulverige, oder gallertartige Kieselsäure, oder beide zugleich aufgenommen hätten.

---

*) Karsten's u. v. Dechen's Archiv f. Min. u. s. w. B. XXI S. 7.

Selbst derber Quarz erscheint in verschiedenen Modificationen. So bestehen die mächtigen Felsmassen, welche auf dem flachen Gipfel des *Steinbergs* bei *Jordansmühle* mitten aus dem Serpentin hervorragen, aus zweierlei Modificationen von derbem Quarze, aus einem graulich und gelblichweifsen, fast undurchsichtigen, blofs schimmernden, und aus einem graulichen halbdurchsichtigen, glasglänzenden, wovon letzterer in sehr kleinen Parthien mit ersterem wechselt *).

Die Verbindung mit Basen, in welcher die Kieselsäure in den Gewässern vorhanden ist, ob als neutrales oder als saures oder als basisches Silicat (B. I. S. 769), mag wohl gleichfalls Einflufs auf den Zustand der sich abscheidenden Kieselsäure haben. Da diese gewifs am häufigsten von zersetztem Feldspathe abstammt, und daher als Kali- oder Natronsilicat in den Gewässern aufgelöst ist: so haben die nachstehenden Erfahrungen einiges Interesse.

Aus einer verdünnten wässrigen Lösung von kieselsaurem Natron **), welche in einem völlig verschlossenen Glase ungefähr $1\frac{1}{2}$ Jahr im hiesigen Laboratorium stehen blieb, hatte sich ein gallertartiger Absatz von Kieselsäure gebildet. Dieser wurde mit Wasser so lange ausgewaschen, als dieses noch rothes Lackmuspapier blau färbte, und hierauf mit verdünnter kochender Salzsäure behandelt, worin er sich theilweise auflöste. Da die Auflösung gelblich gefärbt war, so vermuthete ich einen Eisengehalt; Ammoniak schlug aber nichts nieder. Die Auflösung wurde zur Trockne abgedampft und durch Glühen des Rückstandes aller Salmiak verflüchtigt. Hierauf wurde der Rückstand mit Wasser ausgelaugt, um das Chlornatrium, wenn etwa jener Absatz ein saures Natronsilicat gewesen sein sollte, aufzulösen. Salpetersaures Silberoxyd trübte auch wirklich das Wasser. Die ganze Menge des niedergeschlagenen Chlorsilbers entsprach aber nur 2,4 Proc. Natron im Kieselsäure-Absatze. Diese geringe Quantität läfst nicht vermuthen, dafs der Absatz ein Natronsilicat nach einem bestimmten Mischungsverhältnisse war. Wahrscheinlich

*) Glocker a. u. a. O. S. 558.

**) Es wurde auf die B. I. S. 637 beschriebene Weise dargestellt, und die gesättigte Lösung mit gleich viel Wasser verdünnt.

hatte die Kieselsäure - Gallerte nur etwas Mutterlauge eingeschlossen, welche bei Behandlung mit Wasser nicht vollständig extrahirt worden war.

Diese Abscheidung von Kieselsäure aus einer verdünnten Natronsilicat-Lösung, ohne dafs sie durch eine äussere Ursache, etwa durch Kohlensäure veranlafst worden sein konnte, zeigt, wie auch im Mineralreiche ähnliche Abscheidungen und mithin Quarzbildungen aus, in Gewässern gelösten alkalischen Silicaten vor sich gegangen sein werden und noch vor sich gehen. Es erklärt sich hieraus, wie sich aus den alkalischen Silicaten, die bei der Zersetzung des Feldspaths entstehen, Kieselsäure als Quarz ausscheidet, wenn die Gewässer, welche diese Silicate fortführen, an Spaltenwänden oder an den innern Wänden der Blasenräume langsam herabsickern. Bildet sich durch allmälige Verdunstung des Wassers eine ähnliche Lösung von Natronsilicat, wie jene künstliche: so wird sich, wie dort, mit der Zeit Kieselsäure abscheiden, und Quarzgänge, Quarzadern und die kieseligen Substanzen in den Blasenräumen der Mandelsteine werden sich bilden. Die zum Theil mikroskopisch feinen Streifen geschliffener Chalcedon-Mandeln zeigen auf das deutlichste eine solche Bildung aus Gewässern, die langsam an den Wänden herabsickerten und dadurch so feine Lagen kieseliger Absätze bewirkten. Die 0,134 Proc. Kali, welche Berzelius im Feuersteine fand (S. 419), die geringen Mengen Alkalien (Kali und Natron), welche Heintz im Carneol und Amethyst und Kersten im Hornstein von *Marienbad* nachweisen, zeigen entschieden eine Bildung aus alkalischen Silicaten. Die an den Gesteinswänden herabsikkernden Gewässer waschen dann, nach erfolgtem Absatze der Kieselsäure, das Alkali oder wahrscheinlich die basischen alkalischen Silicate weg.

Ebelmen *) fand, dafs Kieselsäureäther, der längern Einwirkung einer feuchten Atmosphäre ausgesetzt, sich in eine feste durchscheinende Masse umwandelt, welche starke Cohäsion, Glanz, Bruch und Durchsichtigkeit des Bergkrystalls besitzt, ein spec. Gewicht von 1,77 hat und das Glas schwach ritzt. Sie ist ein Hydrat. Wendet man einen Kie-

*) Compt. rend. T. XXI. P. 502.

selsäureäther an, der etwas Chlorkiesel enthält: so erhält man eine anfangs durchsichtige, später aber immer trüber werdende Masse, welche in Wasser gelegt vollkommen durchsichtig wird, also ein wirklicher Hydrophan ist.

Obgleich solche Processe im Mineralreiche nicht vorauszusetzen sind: so lassen sie doch auf eine Abhängigkeit des Zustandes, in dem sich Kieselsäure abscheidet, von der Art ihrer Verbindung in Gewässern schliefsen. Da die Chemie so viele Beispiele darbietet, wie durch ganz unbedeutende Umstände Substanzen aus einer isomerischen Modification in eine andere übergehen können: so ist sehr wahrscheinlich, dafs auch die Kieselsäure durch unbedeutende Umstände aus der amorphen Modification in die krystallinische übergehen kann.

Schliefst man ein Silicat haltendes Mineral mit kohlensaurem Alkali auf, und laugt man die geschmolzene Masse mit Wasser aus: so hält die Lauge, neben kohlensaurem Alkali, etwas kieselsaures Alkali und Thonerdealkali aufgelöst. Durch Zusatz von kohlensaurem Ammoniak fallen Kieselsäure und Thonerde nieder. Sind daher in Gewässern Kieselsäure und organische, stickstoffhaltige Substanzen aufgelöst, und zersetzen sich letztere durch Fäulnifs: so wird das dadurch gebildete kohlensaure Ammoniak die Kieselsäure gleichfalls niederschlagen. Auf diese Weise lassen sich die so häufig durch organische Substanzen bewirkten Absätze von kieseligen Bildungen erklären.

Als Endpuncte der ganzen Reihe kieseliger Bildungen treten hervor Bergkrystall und Opal: jener als vollkommen krystallisirte, dieser als vollkommen amorphe Kieselsäure. Sollte der Wassergehalt in den Opalen die Ursache ihres amorphen Zustandes sein: so könnte man vermuthen, dafs er auch bei anderen amorphen kieseligen Bildungen die Krystallisation verhindern würde.

Nach Bucholz*) verlor fein gepülverter derber Quarz, welcher 97,75 Kieselsäure und 0,5 eisenhaltige Thonerde enthielt, im heftigsten Feuer 1 Proc., in ganzen Stücken zeigte sich dagegen kein merklicher Verlust; wahrscheinlich enthielt daher das Pulver blofs hygroskopisches Wasser. Krystallisirter

*) Gehlen's Journ. f. Chem., Phys. u. Mineral. B. VI. S. 151.

Quarz, welcher 99,375 Kieselsäure und nur 0,005 eisenhaltige Thonerde enthielt, verhielt sich wie wasserfreie Kieselsäure. Der Prasem, welcher 98,5 Kieselsäure, 1 Eisenoxyd mit etwas Manganoxyd und 0,5 Thonerde enthielt, verlor in der Glühehitze noch nicht 0,25 Proc. Drei Eisenkiesel enthielten nur 1 Proc. flüchtige Bestandtheile. Nach Schnabel *) enthielt der rothe Eisenkiesel von *Sundwich* 0,73 Proc. Wasser. Nach Klaproth **) erleidet der Faserquarz, der 98,5 Kieselsäure und 1,5 Eisenoxyd enthielt, durchs Glühen keinen Gewichtsverlust; nur die bräunliche Farbe wurde licht schiefergrau. Der splittrige Hornstein von *Schneeberg*, welcher ausser der Kieselsäure 0,75 Proc. Thonerde und 0,5 Proc. Eisenoxyd enthielt, verlor nach starkem Glühen 0,5 Proc. und brannte sich weifs. Der Chalcedon, welcher 96,75 Kieselsäure, 0,25 Thonerde und 0,5 Eisenoxyd enthielt, gab 2,5 Proc. Wasser, ein anderer 1 Proc.; Guyton ***) giebt keinen Wassergehalt an. Nach Wöhler †) ist der Glühverlust des Haytorit, welcher aus 98,5 Kieselsäure und 0,2 Eisenoxyd besteht, 0,5 Proc.. Nach Wolff ††) verliert der lufttrockne Rosenquarz auch nach dem heftigsten Glühen nichts an seinem Gewichte. Beim schwachen Glühen blieb die Farbe unverändert; man hörte jedoch von Zeit zu Zeit ein lebhaftes Knistern im Platintiegel; nach heftigem Glühen war er aber milchweifs. Der Rauchtopas erlitt einen Glühverlust von 0,0096 Proc.. Schon bei mäfsiger Erwärmung verschwand die rauchgraue Farbe vollständig unter lebhaftem Knistern. Nach Heintz †††) giebt der Karneol 0,391 Proc. Wasser und 0,003 Proc. Kohle; das Färbende ist nach ihm Eisenoxyd. Klaproth ††††) fand keinen Glühverlust. Der Amethyst giebt nur 0,00273 Proc. Kohle und entfärbt sich schon bei etwa 250°. Von Mangan enthielt er höchstens 0,01 Proc.; dieses

---

*) Rammelsberg's Handwörterb. 4tes Suppl. S. 193.

**) Beiträge B. VI. S. 230, B. I. S. 12 u. B. IV. S. 326.

***) Ann. de chim. T. XXX. P. 107.

†) Poggend. Ann. B. XII. S. 136.

††) Journ. f. pract. Chem. B. XXXIV. S. 237.

†††) Poggend. Ann. B. LX. S. 519.

††††) Beiträge B. I. S. 12.

kann daher nicht die Ursache der Entfärbung sein. Durch den Natrongehalt wird die Vermuthung Poggendorff's, dafs Eisensäure das Färbende sein könne, ziemlich wahrscheinlich. Ein nicht sehr dunkler Feuerstein vom Jura gab mit Kupferoxyd geglüht, 0,037 Proc. Kohlensäure und 1,14 Proc. Wasser; seine Farbe hatte sich aber kaum verändert. Ein ziemlich heller Feuerstein von *Rügen* gab 0,26 Proc. Kohlensäure und 1,103 Proc. Wasser, und ein sehr dunkler von demselben Fundorte 0,27 Proc. Kohlenstoff und 1,298 Proc. Wasser. Beide waren vollkommen weifs geworden. Es ist höchst wahrscheinlich, dafs der Wasserstoff wenigstens gröfsten Theils als Wasser in den Feuersteinen vorhanden war. Nach Kersten *) enthält der chalcedonartige Hornstein von *Marienbad* 1,95 Proc. Wasser.

Nach meinen Versuchen verlor ein Bergkrystall, welcher 2 Tage lang in Salzsäure gelegen hatte, um anhängendes Eisen zu entfernen, nach heftigem 1½ stündigen Glühen 0,79 Proc. an Gewicht. Er hatte seinen Zusammenhalt nicht im mindesten verloren, die glänzenden Flächen hatten ihren Glanz behalten, er war nur etwas weifslicher geworden, und ritzte noch stark Glas. Ein schöner wasserklarer Bergkrystall verlor nach mehrstündigem Glühen 0,048 Proc. Er war in mehrere Stücke zerfallen, und an einigen Stellen von Sprüngen durchzogen; von seiner Durchsichtigkeit und seinem Glanze hatte er aber nichts verloren **). Ob das Zerspringen von eingeschlossenem hygroskopischen Wasser, von Bitumen oder von einer ungleichen Ausdehnung durch die Hitze herrührte, bleibt unentschieden. Ein Amethyst aus einer Mandelstein-Druse von *Idar* verlor nach zweistündigem Glühen 0,302, ein anderer aus derselben Druse 0,16 Proc. Beide hatten ihre violette Farbe verloren und waren gelb geworden. Ein Chalcedon aus einer Mandelstein-Druse von *Idar* verlor in halbstündiger Glühehitze 0,54 Proc., und ein zweiter, eben daher, in einem mehrstündigen Feuer nur 0,39 Proc.. Ersterer war milchweifs, durchscheinend und so spröde

*) N. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1845. S. 656.

**) In diesem und in den folgenden Versuchen wurden die Mineralien vorher in der Siedhitze des Wassers getrocknet.

geworden, dafs man mit den Fingern Stücke abbrechen konnte; er ritzte aber noch Glas. Letzterer war an mehreren Stellen hellgelb geworden. Salzsäure zog aber nur eine Spur Eisen aus. Der geringere Glüheverlust scheint von einer höhern Oxydation des Eisens herzurühren *).

Aus Vorstehendem ergiebt sich, dafs Bergkrystall, Amethyst, Quarz, Faserquarz, Rosenquarz, Rauchtopas, Karneol, Prasem, Eisenkiesel, Hornstein, Feuerstein und Chalcedon zu den kieseligen Bildungen gehören, welche theils gar kein Wasser, theils nur Spuren höchst wahrscheinlich hygroskopischen Wassers enthalten. Zum Theil rühren die geringen Glüheverluste unstreitig von organischen Resten her. Schwerlich werden die geringen Mengen Wasser, welche manche amorphe kieselige Bildungen, wie vielleicht die Chalcedone, enthalten, die Ursache der mangelnden Krystallisation sein. Eher könnte man diese Ursache geringen Beimischungen von Basen zuschreiben, da die krystallisirten Bildungen, Bergkrystall und Amethyst, wirklich davon die geringsten Mengen enthalten, und da die Chemie viele Beispiele darbietet, dafs geringe Beimischungen fremder Stoffe die Krystallisation verhindern.

Aus einer grofsen Zahl von Bestimmungen, welche F. Graf Schaffgotsch **) angestellt hat, ergiebt sich

| | das specif. Gewicht | | |
|---|---|---|---|
| für Quarzkrystalle und Quarzpulver . . . . . . . . . . | 2,647 — 2,661 | in Mittel | 2,653 |
| für chemisch dargestellte Kieselsäure, ungeglüht und geglüht, | 2,19 — 2,22 | „ „ | 2,20 |
| für opalartige Mineralien, geglüht und ungeglüht. . . . | 1,34 — 2,30 | | |

Geglühter Opal und chemisch dargestellte Kieselsäure sind daher viel leichter, letztere ungefähr $\frac{1}{6}$ leichter, als Quarz. Das

---

*) Ein Amethyst nahm nach zweistündigem Glühen um 0,348 und ein Quarzgeschiebe, welches einige Tage in Salzsäure gelegen hatte, um anhängendes Eisenoxydhydrat aufzulösen, um 0,29 Proc. zu. Ob diese Zunahme von einer höheren Oxydation des Eisens herrührt, bleibt unentschieden.

**) Poggend. Ann. B. LXVIII. S. 147.

spec. Gewicht des geglühten und dadurch wasserfrei gewordenen Opal fällt auffallender Weise weit unter das der chemischen Kieselsäure; durch fortgesetztes Glühen steigt es aber, ohne Aenderung des absoluten Gewichts, beständig fort und fällt endlich mit dem der chemischen Kieselsäure zusammen.

Auch hieraus ergiebt sich, dafs sich die Kieselsäure im Opal in einem andern isomerischen Zustande befindet, als im krystallisirten Quarz, und dafs daher dieser Zustand und nicht der Wassergehalt es ist, welcher die Krystallisation verhindert. Immer mehr werden wir zur Annahme geführt, dafs die Kieselsäure nicht blofs in zwei, sondern in drei und vielleicht in noch mehreren Modificationen auftreten kann.

Wolff*) fand, dafs sich auch das specifische Gewicht des Rosenquarz und des Rauchtopas durch Glühen erhöht.

| | vor dem Glühen | nach dem Glühen |
|---|---|---|
| Rosenquarz . . . . . . . | 2,6569 | 2,6578 |
| Rauchtopas . . . . . . | 2,6563 | 2,6574 |

Die Zunahme ist freilich so gering, dafs wiederholte Bestimmungen wünschenswerth erscheinen.

Die Opale sind zu vergleichen mit einer erstarrten Kieselgallerte, in welcher der Wassergehalt, je nach dem verschiedenen Grade ihrer Austrocknung, sehr abweichend sein kann. Der sächsische Hydrophan soll sich auch in der Grube noch in so weichem Zustande finden, dafs er Eindrücke von harten Körpern annimmt **). In ihm sind organische Stoffe (mikroskopische Organismen nach Ehrenberg) eingetrocknet; er giebt daher beim Glühen ein brenzliches Wasser. Auch der edle Opal und der Halbopal geben nach Damour ***) ein brenzliches, ammoniakhaltiges Wasser, und der Bandopal ist voll von Infusorien. Der Wassergehalt fällt zwischen 1 Proc. (weifser und grüner Opal von *Kosemütz*) und 10 Proc.

---

*) A. a. O.

**) Klaproth Beiträge II. 155. Glocker (a. u. a. O. S. 566) führt auch mehrere solcher Fälle vom Opal an. Er selbst erhielt aus der Chrysoprasgrube des *Gläzendorfer* Berges eine weiche, etwas zähe, noch ganz feuchte, opalartige Substanz, die an der Luft allmälig fest und hart wurde und dann völlig dem weifsen undurchsichtigen Cacholongopal glich.

***) Ann. des Min. Ser. XVII. 202.

(edler Opal von *Cscherwenitza* in *Ungarn*); er scheint durch ungleiche Grade der chemischen Verwandtschaft an die Kieselsäure gebunden zu sein. So fand v. Kobell, dafs ein farbenspielender Opal aus *Ungarn* bei schwachem Erhitzen 7,5 Proc., und hierauf bei starker Rothglühehitze noch 3,44 Proc. verlor. Der Hyalith von *Waltsch* gab erst in starker Glühehitze und ohne Verknistern 4 Proc. Wasser, der sogenannte Glasopal in gelinder Hitze 5,3 Proc. in stärkerer noch 3,59 Proc. *). Schaffgotsch fand in jenem Hyalith, der aus 95,5 Kieselsäure, 0,8 Eisenoxyd und 0,2 Kalkerde besteht, 2,9 bis 3,1 Proc. Wasser. Die Opale erscheinen daher nicht als Hydrate nach bestimmten Mischungsverhältnissen (B. I. S. 760). Berzelius vermochte auch nicht auf künstlichem Wege eine Verbindung der Kieselsäure mit Wasser nach einem bestimmten Mischungsverhältnisse darzustellen.

Das Vorkommen der Opale in Spalten und Klüften und ihre Begleitung von Kaolin (B. I. S. 820), zeigen ihren unmittelbaren Absatz aus Gewässern. Die Gegenwart der Infusorien zeigt, wenigstens bei manchen Opalen, die Abscheidung der Kieselsäure durch organische Thätigkeit. Eine opalartige Masse in Formen von Augit (B. II. S. 556) weiset aber auch die Bildung des Opal durch einen Umwandlungsprocefs nach. Ausserdem kommt der Opal nicht selten als Versteinerungsmittel von Pflanzen, namentlich von Holz vor. Ein solcher Holzopal findet sich sehr ausgezeichnet im Braunkohlensandsteine am *Quegstein* im *Siebengebirge* und nicht fern davon bei *Obercassel.* Stücke von Stämmen und Aesten, welche die organische Structur ganz deutlich zeigen, sind durch und durch zu einer gelblich weifsen Opalmasse geworden. Nur die Rinde fehlt; an ihrer Stelle findet sich aber hier und da ein dünner Ueberzug von nierenförmigem Hyalith, der zuweilen auch in Höhlungen in dem verkieselten Holze angetroffen wird. Der Holzopal von *Tokay* in *Ungarn* zeigt im Innern noch das sehr wenig veränderte Holz **).

Nach R. Brandes ***) ist die Zusammensetzung des

*) Charakteristik I. 253.

**) Blum Nachtrag S. 197.

***) Nöggerath das Gebirge in Rheinland-Westphalen B. I. S. 346.

Holzopal vom *Quegstein* (a) und des faserigen Holzopal bei *Obercassel* (b)

| | *a* | *b* |
|---|---|---|
| Kieselsäure . . . | 86,00 | 93,00 |
| Thonerde . . . . | 0,50 | 0,13 |
| Eisenoxyd . . . . | 3,50 | 0,37 |
| Schwefelsäure . . . | 0,17 | Spuren |
| Kohlenstoff . . . . | 0,03 | |
| Wasser . . . . . | 9,97 | 6,13 |
| | 100,17 | 99,63 |

Die Kieselsäure hat also in (a) die Holzsubstanz bis auf eine ganz unbedeutende Menge Kohlenstoff verdrängt, und es zeigt sich hier ganz entschieden, wie die Holzfaser, eine in der Chemie für völlig unlöslich geltende Substanz, doch von den Gewässern fortgeführt werden kann.

Vom Quarze unterscheiden sich die Opale, ausser dem Wassergehalte, durch ein viel geringeres specif. Gewicht, weit geringere Härte, einfache Strahlenbrechung und durch das chemische Verhalten.

Fuchs*) fand, dafs sich der zu Pulver zerriebene Opal auf nassem Wege mit Kalk verbindet, und damit unter Wasser erhärtet: eine Eigenschaft, welche dem Quarze nicht zukommt. Das Quarzpulver löset sich in siedender Kalilauge nur äusserst schwierig und langsam auf; das Opalpulver verschwindet darin nach einigen Minuten. Ja sogar ganze Stücke Opal widerstehen diesem Auflösungsmittel in der Siedhitze nicht lange. Bei gewöhnlicher Temperatur wird der Quarz vom Kali gar nicht angegriffen, der Opal aber, als Pulver wie in ganzen Stücken, nach und nach ganz davon aufgelöst. Nicht alle seine Varietäten zeigen indefs gleiches Verhalten: einige lösen sich in 2—3, andere erst in 4—5 Monaten auf. Den stärksten Widerstand leistet der Hyalith. Dieses Verhalten beruht nicht auf dem Wassergehalte der Opale; denn dieselben bleiben, nach Schaffgotsch, auch nach dem Austreiben des Wassers durch Hitze leichtlöslich in Kali. Ebenso verhält sich die chemisch präparirte amorphe Kieselsäure.

*) N. Jahrb. d. Chem. u. Phys. VII. 419.

v. Kobell*) fand, dafs amorphe Kieselsäure, nämlich geschliffene Platten von Opal, Heliotrop, Karniol, Feuerstein, Holzstein und Jaspis von Flufssäure zum Theil stark, stets aber bedeutend mehr als krystallisirte Kieselsäure, nämlich Platten von Bergkrystall und Amethyst, angegriffen werden. Er bringt diefs in Zusammenhang mit demselben ungleichen Verhalten des amorphen und krystallisirten Quarzes zur Kalilauge.

Bei der unten folgenden Analyse eines Opal mit einer Zersetzungsrinde aus dem Trachyt der *Rosenau* ergab sich, dafs durch Digeriren mit Salzsäure aus letzterer alles Eisenoxyd, aus dem unveränderten Opal nur der gröfste Theil desselben ausgezogen wurde. Die Kieselsäure blieb als rauhes Pulver zurück: die von der Rinde war stark grau, wurde aber beim Glühen weifs, die von dem unveränderten Opal war gelblich und lieferte beim Aufschliefsen mit kohlensaurem Kali nur noch 0,19 Proc. Eisenoxyd. Beim Digeriren des unverwitterten Opal mit Salzsäure färbte sich das Pulver anfangs grün, und wurde erst nach und nach gelblich; bei der Rinde zeigte sich aber keine solche Färbung. Es scheint daher, dafs ersterer, neben Eisenoxydsilicat, etwas Eisenoxydulsilicat enthielt, wovon jenes früher als dieses von der Salzsäure zersetzt wurde, und dieses die grüne Färbung veranlafste.

Es scheint, dafs die Zersetzbarkeit der, Eisenoxyd und andere Basen haltenden Opale durch Salzsäure meist unbeachtet geblieben ist; denn gewöhnlich haben die Chemiker sie durch kohlensaure Alkalien oder durch Flufssäure aufgeschlossen; nur Brandes zersetzte den fasrigen Holzopal (S. 1231) durch kochende Salzsäure. Ich nahm daher Veranlassung, nachstehende Halbopale in Pulverform mit Salzsäure so lange zu digeriren, bis sie sich entfärbt hatten, wozu manchmal mehrere Tage erforderlich waren.

Opal vom *Quegstein* im *Siebengebirge* liefs eine weifse Kieselsäure zurück, welche aber noch rauh und kratzend war. Die Salzsäure enthielt Eisenoxyd und eine Spur von Kalk. Ein anderer Opal von daher verhielt sich ebenso, enthielt aber keinen Kalk.

---

*) Journ. f. pract. Chem. B. XXXVI. S. 307.

Halbopal von *Borfö* in *Ungarn* liefs eine nur schwach gelbliche und noch rauhe Kieselsäure zurück. Ein kleiner Theil davon war hingegen ganz weifs geworden und bildete ein inpalpables Pulver. Wahrscheinlich würde durch ein noch länger fortgesetztes Digeriren mit Salzsäure das Ganze weifs und inpalpabel geworden sein. Die Salzsäure enthielt Eisenoxyd und eine Spur Kalk, aber keine Magnesia.

Halbopal von *Schaita* in *Ungarn* liefs eine gelbliche und noch rauhe Kieselsäure zurück, wobei viel Eisenoxyd und eine Spur von Kalk ausgezogen wurde. Das Pulver wurde nochmals zerrieben und geschlämmt und abermals mit Salzsäure digerirt: es zeigte sich kaum mehr gelblich gefärbt und gab nach dem Aufschliefsen nur noch eine Spur von Eisen.

Holzopal von *Lutilla* in *Ungarn* liefs eine graue und rauhe Kieselsäure zurück, die sich aber weifs brannte.

Es scheint daher, dafs aus allen solchen Opalen, nach lange fortgesetztem Digeriren mit Salzsäure, die Basen ganz oder doch gröfsten Theils ausgezogen werden, wobei jedoch die Kieselsäure nicht als eine aufgeschlossene Masse, wie bei ähnlicher Behandlung der Zeolithe, sondern als ein rauhes Pulver zurückbleibt. Vielleicht ist diefs aber zu erreichen, wenn der Opal, als geschlämmtes Pulver angewandt, noch länger mit Salzsäure digerirt wird. Merkwürdig ist es jeden Falls, dafs aus kieselsauren Verbindungen, mit so geringem Gehalte an Basen, diese ausgezogen werden können, ohne dafs die rückständige Kieselsäure im aufgeschlossenen Zustande erscheint. Eben defshalb kann man aber diese Verbindungen gewifs nicht zu den eigentlichen Silicaten zählen. Sie zeigen ein ähnliches Verhalten zu den Säuren, wie das durch Salpetersäure zerlegbare goldhaltige Silber, aus welchem bekanntlich die Salpetersäure alles Silber auszieht und das Gold als ein Skelett in der Form der Legirung zurückläfst.

Der Opal besteht nicht immer blofs aus reiner Opalmasse, sondern schliefst nicht selten etwas fein zertheilten Quarz ein. Klaproth *) bemerkt schon bei der Analyse des Feueropals, dafs sich in dem Mittelpuncte jedes Korns ein weisses, allem Anscheine nach, kieseliges Mineral finde, von welchem die

*) Beitr. IV. 157.

kleinen muschelichen Erhöhungen des Hauptminerals sternförmig nach der Peripherie laufen. Von einem milchweifsen Opal, welchen Fuchs ein halbes Jahr in Kalilauge liegen liefs, blieb ein lockeres Skelett zurück, das beim Schütteln zu Quarzpulver zerfiel. Er findet es sogar wahrscheinlich, dafs das Farbenspiel des edlen Opal von, in gewisser Ordnung eingemengten, feinen Quarztheilen herrühren möchte, wodurch das Licht verschieden gebrochen wird. Diese Ansicht ist um so wahrscheinlicher, da kein durchsichtiger Opal mit Farben spielt, sondern nur durchscheinender, der vermuthlich durch eingemengten Quarz getrübt ist.

Im graubraunen Hornstein, auf Gängen zu *Johanngeorgenstadt* in *Sachsen*, kommen, nach Breithaupt *), ganz kleine eingesprengte Parthien weissen Opals vor. Unmittelbar dabei liegen in demselben Hornstein etwas gröfsere, eben so einzeln vertheilte und gestaltete, auch vollkommen abgeschlossene Quarzdrüschen, zum Theil mit einer Opalhaut überzogen. In solchen Drüschen fand man beim Zerschlagen sogar Wasser. Nach ihm ist aus den gröfseren Opalbrocken krystallisirter Quarz entstanden, und das aus jenen ausgeschiedene Wasser in den Drusen, wenigstens theilweise, zurückgeblieben. Die Contraction des Opal zu Quarz verursachte mithin die kleinen Drusenräume. Wenn irgend ein Vorkommen, so scheint ihm dieses, für die Fuch s'sche Theorie, dafs aus Opal Quarz entstehe, recht anschaulich zu sprechen. Eben so scheinen ihm die Quarzkrystalle, welche sich im Pechstein von *Spechthausen* finden, aus einer opalartigen Masse entstanden zu sein, wefshalb man meist auch kleine Drusen vorfindet, sobald sich der Quarz krystallisirt zeigt. Die Erscheinung in den Agathkugeln der Blasenräume, dafs Opal die erste Lage in der Blase bildet, der Quarz aber nicht an der Infiltrationsöffnung, sondern in der Mitte des Raums sitzt, führte ihn zur Vermuthung, dafs der Quarz erst, nachdem sich die Blase geschlossen hatte, zum Krystallisiren gekommen sei. Die kleinen Chalcedonkugeln im Mandelstein von *Vicenza* in *Oberitalien,* deren innerstes Mineral eine von kleinen Quarzkrystallen gebildete Quarzhaut ist, enthalten

*) Die Paragenesis der Mineralien S. 50. 53 und 100.

noch Wasser, welches nach wenigen Jahren und aus Stücken, die in trockner Luft aufbewahrt werden, verdunstet*). Breithaupt hält dafür, dafs auch dieses Wasser früher an die Kieselsäure gebunden war.

Da die Lagen zwischen Opal und Quarz aus Chalcedon bestehen, und dieser oft das vorwaltende, zuweilen das einzige Glied ist, und da, nach Fuchs, Chalcedon aus Opal und Quarz besteht: so ist, bei weiterer Verfolgung der Ansichten Breithaupt's, anzunehmen, dafs auch dieser Chalcedon aus Opal durch theilweisen Verlust von Wasser entstanden sein kann, und daher das Mittelglied zwischen wasserhaltigem Quarz (Opal) und wasserfreiem (krystallisirter Quarz) bildet. Breithaupt führt an **), dafs auch der Chrysopras Uebergänge in krystallinischen Quarz zeige.

Breithaupt spricht sich nicht darüber aus, auf welche Weise diese Umwandlung von amorpher Kieselsäure in krystallisirte vor sich gegangen sein soll. Wenn auch Beispiele vorliegen, dafs manche Körper aus dem amorphen Zustande in den krystallinischen ohne vorhergegangenes Flüssigwerden übergehen: so hält es doch schwer zu begreifen, wie die starre Kieselsäure im Opal eines solchen Uebergangs fähig sein sollte. Ein Opal von 10 Proc. Wassergehalt würde durch Umwandlung in krystallisirten Quarz eine Contraction von ungefähr $\frac{1}{7}$ seines Volumens erleiden; um so viel müfsten sich also seine kleinsten Theile nähern. Ist es denkbar, dafs diefs im starren Zustande geschehen konnte? Uns scheint keine andere Vorstellung Wahrscheinlichkeit zu haben, als dafs dieses Zusammenschieben der kleinsten Theile durch Gewässer erfolgt sei, welche den Opal nach seiner Bildung durchdrungen, nach und nach aufgelöst und in einer anderen Modification, d. h. im krystallisirten Zustande wieder abgesetzt haben. Es versteht sich von selbst, dafs die Auflösung des Opal nicht auf einmal statt gefunden habe; sondern es würde ein Procefs sein, wie beim Uebergange des Korallenkalksteins

*) Unter der Luftpumpe in's Wasser gebracht, kann man diese Chalcedonkugeln wieder mit Wasser füllen.

**) Handb. d. Mineral. 1847. B. III. S. 680.

in ein Aggregat von Kalkspath-Individuen (B. II. S. 1012), und wie beim Uebergange einer amorphen Feldspathmasse in einem sedimentären Gesteine, wie im Thonschiefer, in krystallisirten Feldspath (B. II. S. 333). Das eingeschlossene Wasser in den erwähnten Drusen würde, dem Vorstehenden gemäfs, nicht blofs vom Opal, sondern auch von den eingedrungenen Gewässern herrühren, welche die Umwandlung bewirkt haben.

Da das spec. Gewicht des Chalcedon 2,587 bis 2,634 (Breithaupt) ist: so mufste, wenn auch dieser manchmal aus Opal hervorgegangen sein sollte, mit dem Verluste wenigstens des gröfsten Theils des Wassers, gleichfalls eine Contraction eingetreten sein, und es müfsten also auch in einem solchen Chalcedon leere Räume gefunden werden.

Die Gegenwart von Alkalien und alkalischen Erden in den Opalen (B. I. S. 777 u. 828) läfst, wie bei anderen kieseligen Bildungen (B. II. S. 419) auf ihre Zersetzbarkeit schliefsen. Nach Wertheim *) bestehen der frische glänzende Opal (*a*), welcher das Muttergestein des Pyrop von *Meronitz* bildet, und eine verwitterte matte Varietät (*b*) aus

| | *a* | *b* |
|---|---|---|
| Kieselsäure . . . | 83,73 | 73,45 |
| Eisenoxyd . . . | 3,58 | 9,95 |
| Kalkerde . . . . | 1,57 | 1,21 |
| Magnesia . . . . | 0,67 | 2,13 |
| Wasser . . . . . | 11,46 | 12,89 |
| | 101,01 | 99,63 |

Ist (*b*) aus (*a*) hervorgegangen: so haben die Gewässer Kieselsäure und Kalkerde fortgeführt und dagegen Eisenoxyd, Magnesia und Wasser abgesetzt.

Im Trachyt der *Rosenau* im *Siebengebirge* findet sich gangförmig ein brauner glänzender Opal (Opaljaspis) (*a*) der meist von einer scharf begrenzten, hellgelblichen, matten Rinde umgeben ist, welche von jenem geritzt wird und als ein Zersetzungsproduct von jenem erscheint (*b*). In der Siedhitze geben beide viel Wasser, und beim Glühen werden noch mehr

*) Rammelsberg's Handwörterbuch 1stes Suppl. S. 107.

Wasser und die Producte zerstörter organischer Substanzen entwickelt.

| | *a* | *b* |
|---|---|---|
| Der Glüheverlust betrug | 5,11 | 6,77 |
| in verschiedenen Stücken | 5,60 | 5,95 |

Es kommt auch noch ein gelber Opal (*c*) vor, der in der Farbe dem verwitterten (*b*) gleicht, aber eben so glänzend, wie (*a*) erscheint. Da schon die erste Analyse eine gröfsere Menge Eisenoxyd in (*b*) als in (*a*) gab: so wurden verschiedene Stücke analysirt, um zu sehen, ob sich dieses Verhältnifs überall herausstellen würde. Die Resultate der Analysen wurden auf die geglühten Opale reducirt.

| | I | | II | |
|---|---|---|---|---|
| | *a* | *b* | *a* | *b* |
| Kieselsäure | 96,12 | 94,49 | 96,05 | 94,67 |
| Thonerde | 0,50 | 0,60 | 3,49 | 5,26 |
| Eisenoxyd | 3,30 | 4,85 | | |
| Kalk | Spur | Spur | | |
| Magnesia | 0,08 | 0,06 | 0,40 | 0,02 |
| Kali | nicht | bestimmt | 0,06 *) | 0,05 **) |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

| | III | | |
|---|---|---|---|
| | *a* | *b* | *c* |
| Kieselsäure . . . . . | 94,50 | 94,42 | 95,55 |
| Thonerde und Eisenoxyd | 3,38 | 5,31 | 4,37 |
| Verlust . . . . . . | 2,12 | 0,27 | 0,08 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

*) Sehr auffallend ist, dafs der braune Opal durch Aufnahme einer gröfseren Menge Eisenoxyd in die hellgelbe Rinde übergeht; noch auffallender aber, dafs auch beim Glühen der braune Opal braunroth und die hellgelbe Rinde nur röthlichgelb wird. Es ist in der That nicht zu begreifen, warum nicht die Rinde, da in ihr die farblose Kieselsäure weniger und das dunkelbraune Eisenoxyd mehr ausmacht, als im Opal, durch Glühen sich dunkler als dieser färbt. Das spec. Gewicht des braunen Opal ist 2,142 und das der hellgelben Rinde 2,168. Diese Zunahme ist ohne Zweifel eine Folge des zunehmenden Eisenoxyds.

**) Wahrscheinlich etwas natronhaltig.

Obgleich in den Analysen II und III die Thonerde nicht vom Eisenoxyd geschieden wurde, so ergiebt sich doch, weil jene überhaupt in viel geringerer Menge als dieses vorhanden ist, dafs im verwitterten Opal (*b*) das Eisenoxyd stets mehr, als im unverwitterten (*a*) beträgt. Es zeigt sich also hier dasselbe, wie beim Opal von *Meronitz*: nämlich Zunahme des Eisenoxyds und des Wassers und Abnahme der Kieselsäure während der Umwandlung *). Auch der Opal (*c*), dessen Eisenoxyd- und Kieselsäure-Gehalt zwischen (*a*) und (*b*) in I bis III fällt, scheint doch nicht ganz unverändert, sondern im Uebergange in (*b*) begriffen zu sein.

Es ist also nicht zu bezweifeln, dafs die Veränderung, welche die Opale von der *Rosenau* wie von *Meronitz* auf der Oberfläche erleiden, in einer theilweisen Fortführung von Kieselsäure und in einem Absatze von Eisenoxyd besteht. Dafs die Gewässer, welche diese Veränderung bewirkt haben, keine organischen Bestandtheile enthielten, wodurch das Eisenoxyd theilweise hätte desoxydirt und als Carbonat aufgelöst werden können, sondern dafs sie sogar oxydirend gewirkt haben, dafür spricht die wahrscheinliche Gegenwart des Eisenoxydulsilicats im unveränderten und die Abwesenheit desselben im veränderten Opal (S. 1232). Dem allgemeinen Gesetze, dafs das verdrängende Mineral stets schwerlöslicher als das verdrängte ist (B. II. S. 1144), widerspricht nicht jener Austausch; denn das Eisenoxydulcarbonat, welches einen Theil der Kieselsäure verdrängt hat, wird durch Umwandlung in Eisenoxydhydrat höchst schwerlöslich im Wasser, und daher bei weitem schwerlöslicher als die Kieselsäure.

Bemerkenswerth ist, dafs die Zusammensetzung des Opal von der *Rosenau* mit der des nicht weit davon entfernt vorkommenden Holzopal von *Quegstein* (*d*) (S. 1231) sehr nahe, und mit der des Opal von *Meronitz* (*e*) (S. 1236) und des

*) In III ist zwar die Abnahme der Kieselsäure nur unbedeutend; der bedeutende Verlust in (*a*) weiset aber darauf hin, dafs die von der Thonerde und vom Eisenoxyd abfiltrirte Flüssigkeit, welche nicht abgedampft wurde, wie gewöhnlich, etwas Kieselsäure zurückgehalten hat.

Halbopal vom *Schiffenberg* bei *Giefsen* (*f*) *) ziemlich nahe übereinstimmt, wenn man die Resultate der Analysen der drei letzten Opale gleichfalls auf wasserfreies Mineral reducirt, und von den geringen anderen Beimischungen abstrahirt.

| | *d* | *e* | *f* |
|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . . | 95,55 | 95,90 | 93,79 |
| Thonerde . . . . . | 0,56 | — | 1,94 |
| Eisenoxyd . . . . | 3,89 | 4,10 | 4,27 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Da der Opal von der *Rosenau* unzweifelhaft ein Zersetzungsproduct des Trachyt, und von den Gewässern aus diesem in die Klüfte geführt worden ist, da der Braunkohlensandstein, in welchem der Holzopal eingewachsen ist, vom Trachytconglomerat bedeckt wird: so rührt die Kieselsäure dieser Bildungen wahrscheinlich ebenfalls von einer Auslaugung der trachytischen Masse her. Diesem wahrscheinlich gleichen Ursprung beider Opale entspricht ihre nahe gleiche Zusammensetzung. Ja selbst ihre Bildung dürfte nur darin verschieden sein, dafs die organischen Substanzen bei der Bildung des Holzopal im Holze, bei der des Opal aus dem Trachyt in den Gewässern gegeben waren. Dort wurde das Organische gröfstentheils durch die Kieselsäure verdrängt, hier schlug es sich mit derselben nieder.

Da das Verhältnifs der Kieselsäure zum Eisenoxyd in allen diesen Halbopalen so nahe dasselbe ist: so ist zu vermuthen, dafs diese Stoffe auch in den Gewässern, aus welchen sie sich absetzen, in demselben Verhältnisse gegenwärtig sind, oder dafs sie sich, wenn auch in ungleichem Verhältnisse in Gewässern vorhanden, doch in einem nahe constanten abscheiden. Dieses Verhältnifs ändert sich indefs, wie wir gesehen haben, in den unveränderten Halbopalen bei eintretender Zersetzung. So scheint der etwas gröfsere Eisengehalt in (*e*) und (*f*) schon auf eine solche Veränderung zu deuten. Dafs diese Veränderung selbst dann schon eingetreten sein kann, wenn die Opale in ihrem äussern Ansehen ganz unverändert erscheinen, zeigt der dunkelgelbe Opal (*c*).

*) Whrightson in den Annal. d. Chem. u. Pharm. B. LIV. S. 358.

Die übrigen Basen in diesen Opalen, die Kalkerde, Magnesia und die Alkalien, und, wie es scheint, selbst die Thonerde sind, da sie sich bald finden, bald nicht, und stets nur in sehr geringen Mengen vorhanden sind, gewifs nur zufällige Bestandtheile. Das Wasser ist zwar ein wesentlicher aber sehr schwankender Bestandtheil; daher tritt auch die Aehnlichkeit in der Zusammensetzung verschiedener Halbopale erst hervor, wenn man dieselben nach Abzug des Wassers mit einander vergleicht.

Eine gröfsere Zahl von Analysen solcher Halbopale im unveränderten und veränderten Zustande ist sehr wünschenswerth; denn sollte sich stets ein nahe constantes Verhältnifs zwischen der Kieselsäure und dem Eisenoxyd in einem amorphen Mineral, welches man nicht einmal für ein Silicat halten kann, herausstellen: so würde diefs ein interessantes Ergebnifs sein. Dafs indefs das Eisenoxyd bis zu einer bedeutenden Menge steigen kann, zeigt der von Klaproth *) analysirte braunrothe Halbopal von *Telkebanya*, in welchem 47 Proc. Eisenoxyd auf 43,5 Kieselsäure kommen.

Oberhalb des *Quegstein* entspringt eine Quelle, die eine Strecke weit einen oberflächlichen Lauf hat, dann in Klüften des Braunkohlensandsteins versinkt und an einer tieferen Stelle wieder hervorkommt. Da die Vermuthung nahe liegt, dafs dieses Wasser die Kieselsäure zur Bildung des Holzopal und des Braunkohlensandsteins geliefert habe: so unterwarf ich es der chemischen Analyse. In 10000 Theilen dieses Wassers waren enthalten:

| | |
|---|---|
| Kieselsäure . . . . . . . . . . . | 0,262 |
| Kohlensaurer Kalk . . . . . . . | 0,898 |
| Kohlensaure Magnesia . . . . . . | 0,044 |
| Kohlensaures Eisenoxydul . . . | eine Spur |
| Alkalische Chlorüre . . . . . . . | 0,122 |
| | 1,326 |

Nach dem Abdampfen bis fast zur Trockne zeigte sich eine alkalische Reaction und Platinchlorid gab eine Spur von Kali

*) Beiträge B. II. S. 162.

zu erkennen. Ob auch Natron vorhanden und diese Alkalien an Kohlensäure oder an Kieselsäure gebunden waren, konnte nicht ermittelt werden. Diese Quelle giebt

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| in 24 Stunden | 5142 | C. F. Wasser, worin | | | 8,9 Pf. Kiesels. | | |
| mithin in 1 Jahr | 1876830 | „ | „ | „ | „ 3245 | „ | „ |
| | | | | | oder 18 C. F. Quarz | | |

Ein solches Wasser liefert also Kieselsäure in genügender Menge zur Bildung von Holzopal und von Braunkohlensandstein und zur Cementirung der Quarzgerölle, welche manche Schichten dieses Sandsteins zusammensetzen. Das Quarzgerölle und die Gegenwart der in Holzopal umgewandelten Stamm- und Wurzelstücke weisen eine tertiäre Bildung in einem Becken nach, in welches die Gewässer flossen, die damals, wie jetzt, die aus dem Trachyt und aus dem Trachytconglomerate ausgelaugte Kieselsäure enthielten.

Verkieselungen von Pflanzensubstanzen sind überhaupt eine gewöhnliche Erscheinung. Breislak *) bemerkt schon, wie die von mehreren Naturforschern erkannten Thatsachen die Fähigkeit der Pflanzentheile beweisen, kieselige Beschaffenheit anzunehmen. Ausser anderen Erscheinungen, führt er an, dafs man einen Pfahl der durch *Trajan* erbauten Donaubrücke bei *Wien* einen halben Zoll dick in Achat (Holzstein?) verwandelt fand, während das Innere nur leicht versteinert war. Baumstämme, wenige Fufs unter dem jetzigen Flufsbette der *Elster* bei *Gera*, waren aussen bis 2 Zoll dick in Hornstein umgewandelt und bestanden im Innern noch aus brauchbarem Holze **). Also noch in historischen Zeiten finden solche Umwandlungen und in Gewässern statt, welche gewifs viel weniger Kieselsäure enthalten, als jene Quelle am *Quegstein*, die verhältnifsmäfsig ziemlich viel davon enthält.

Die ganze Wüste zwischen *Cairo* und *Suez*, in einer Länge von ungefähr 86 Meilen, ist, nach Buist ***), mit verkieselten Baumstämmen, zum Theil 40 bis 50 Fufs lang

*) Lehrb. d. Geol. B. II. S. 491.

**) Breithaupt a. a. O. B. III. S. 681.

***) L'Institut 1846 No. 634. Man vergleiche hiermit die früheren von Strombeck in seiner Uebersetzung von Breislak's Geologie B. II. S. 492 zusammengestellten Nachrichten.

und 1 bis 2 F. dick, in allen Lagen und ohne bestimmte Richtung buchstäblich bedeckt. Malcolson fand Fragmente verkieselten Holzes in den Conglomeraten, welche die egyptischen Jaspisse enthalten. Buist ist der Meinung, dafs jene Bäume an Ort und Stelle versteinert worden seien, indem ihre Lage und die Art ihrer Zerstreuung alle Kennzeichen eines Waldes tragen, der durch heftige Winde umgestürzt worden ist. Dafür spricht auch, dafs der Sand und das Gerölle, welche die verkieselten Bäume bedecken, auf sehr jungem tertiären Kalkstein ruhen, der Austerschalen von so frischer Textur und Farbe enthält, als wenn sie eben vom Meere abgesetzt worden wären. Es ist, fügen wir hinzu, wohl nicht zu bezweifeln, dafs entweder die Kieselsäure des Meerwassers oder des *Nils* diese Verkieselung bewirkt hat. Und wenn sich noch so grofsartig diese Erscheinung zeigt, der Kieselsäuregehalt in allen Gewässern, und lange Zeiträume können grofse umgestürzte Wälder eben so gut wie einen einzigen Baumstamm verkieseln.

Wir reihen hier die interessanten und ausführlichen Beobachtungen Glocker's *) über den schlesischen Hyalith an. Der sowohl auf Serpentin als auf Quarzfels vorkommende Hyalith findet sich gerade gegen die Ränder der Flächen des Gesteins in gröfster Masse und in den zahlreichsten traubigen Formen ausgebildet: ohne Zweifel defshalb, weil hier die an den Flächen herabsickernden Gewässer in Tropfen lange schwebend sich erhalten und während dessen verdunsten. Das sonst gewöhnliche Vorkommen des Hyalith im Basalt ist in *Schlesien* das seltenste, viel häufiger findet er sich auf schmalen gangähnlichen Klüften oder trümmerartig im mehr oder weniger verwitterten, niemals in ganz frischem Serpentin, und nie in beträchtlicher Tiefe. Auf dem *Steinberg* sitzt er auch auf Platten von wachsgelbem und braunem Opal und zeigt nicht selten einen vollkommenen Uebergang in diesen. Auch ein Wechsel des Hyalith mit Opalschichten findet statt. Unter den sehr verwitterten Serpentinstücken mit aufliegen-

*) Verhandl. d. Leop. Carol. Akad. d. Naturf. B. XIV. Abth. II. S. 545 ff. Vergl. auch L. Müller im n. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1850. S. 419.

dem Hyalith fand Glocker mehrere, die auf ihrer Oberfläche mit sehr kleinen, schwarzen Lichenen wie besäet waren, während die Oberfläche des Hyalith völlig frei davon ist. Sehr deutlich erkennt man unter der durchsichtigen Hyalithkruste dieselben schwarzen Lichenen. Auch unter den Hyalithen auf dem Quarz fand er solche Lichenen. Glocker und auch Nöggerath *) sprechen sich gegen Steffens unumwunden für eine Bildung des Hyalith auf nassem Wege aus, was nicht unerwähnt bleiben darf, da diefs schon im Jahr 1829 geschehen ist. Nach Ersterem scheint sich der Hyalith auf den Quarzfelsen bei *Jordansmühl* innerhalb sechs bis acht Jahren gebildet zu haben. Zipser**) behauptet sogar, dafs er sich zu *Bohunitz* innerhalb eines Jahres bilde.

Es ist wohl wahrscheinlicher, dafs die Lichenen die Bildung der Hyalithe auf denselben dadurch begünstigt haben, dafs sie die, Kieselsäure haltenden Gewässer zurückhielten, als dafs die Verwandtschaft der Pflanzensubstanz zur Kieselsäure diese abgeschieden habe. In letzterem Falle hätten wenigstens die Lichenen nur so lange als Fällungsmittel wirken können, als sie noch nicht ganz von den Hyalithen bedeckt waren.

Fuchs ***) hält den Chalcedon für ein Gemeng aus Quarz und Opal, weil Aetzkali ihm bei gewöhnlicher Temperatur Kieselsäure entzieht, und ihn in Cacholong umwandelt, was nicht geschehen würde, wenn er blofs aus Quarz oder krystallinischer Kieselsäure bestände. Als er fein gepülverten Chalcedon eine halbe Stunde lang mit verdünnter Kalilauge kochte, lösten sich 8,9 Proc. Kieselsäure auf, die wohl gröfstentheils Opal gewesen sein mufsten. Dagegen lösten sich vom Quarz, auf dieselbe Weise behandelt, nur Spuren auf. Fuchs legte ein platt geschnittenes Stück von bläulichgrauem und stark durchscheinendem Chalcedon, welches ganz homogen zu sein schien, in mäfsig concentrirte Kalilauge. Nach Verlauf eines Jahres zeigten sich sehr viele parallele Streifen, wovon die einen weifs und fast undurchsichtig, die anderen grau und durchscheinend waren. In der Kalilauge waren 3,9

*) Nachschreiben zu Glocker's Abhandl. a. a. O. S. 569.
**) Vers. eines topogr. mineral. Handb. von Ungarn 1817. S. 40.
***) Poggend. Ann. B. XXXI. S. 577.

Proc. Kieselsäure aufgelöst. Er schliefst hieraus, dafs dieser Chalcedon aus abwechselnden Lagen bestanden habe, wovon die einen mehr, die anderen weniger Opal enthielten (auf *Oesteroe* findet sich sogar der Chalcedon von Lagen gemeinen Opals durchzogen). Er theilt demnach den dichten Quarz in opalhaltigen und in opalfreien, und zählt zu jenem, ausser dem Chalcedon und seinem Anhange, den Feuerstein, und zu diesem den Cacholong, Hornstein, Kieselschiefer u. s. w. Auch scheint Opal in manchen Sandsteinen das Bindemittel zu sein.

Folgende Versuche gaben dieselben Resultate. Ein Chalcedon aus einer Mandelstein-Druse von *Idar*, von anhängenden Quarz- und Amethystkrystallen sorgfältig befreit, wurde durchschlagen, und die eine Hälfte stark geglüht, wodurch sie 0,54 Proc. am Gewichte verlor. Beide Hälften, zu mäfsig feinem Pulver zerrieben, wurden mit gleichen Quantitäten verdünnter Kalilauge eine halbe Stunde lang gekocht. Es hatten sich

von der nicht geglühten Hälfte 2,984 Proc.
von der geglühten Hälfte 2,177 „

aufgelöst. Die Lauge hatte daher von ersterem 0,807 Proc. Kieselsäure mehr aufgelöst, als von letzterem. Diefs stimmt ziemlich gut mit der Ansicht von Fuchs; denn es war zu erwarten, dafs sich durch Glühen und durch Verlust von Wasser die Auflöslichkeit der Kieselsäure in Kalilauge wenigstens vermindern würde.

Ist der durch Kalilauge ausgezogene Antheil wirklich Opal: so wird man in jedem Chalcedon mehr oder weniger Wasser finden, je nachdem er mehr oder weniger Opal enthält. Es könnte daher sehr wohl gedacht werden, dafs die Beimischung oder Beimengung von amorphem Opal dem Chalcedon die Krystallisations-Fähigkeit raubt.

Die Flufssäure verhält sich gegen Chalcedon ebenso wie Kalilauge. Als v. Kobell geschliffene Chalcedonplatten mit jener Säure behandelte, kamen Zeichnungen zum Vorschein, die man vorher nicht bemerken konnte, und die durchlaufenden Streifen des krystallisirten Quarzes zeigten sich immer, oft deutlich fühlbar, erhaben, während die Stellen von amorpher Kieselsäure vertieft geätzt waren.

Das Vorkommen des Chalcedon in kugeligen, traubigen,

nierenförmigen, stalactitischen u. s. w. Gestalten zeigt seine amorphe Beschaffenheit. Dennoch wird in manchen älteren mineralogischen Werken und auch in G. Leonhard's Handwörterbuche der topograph. Mineralogie (S. 23) Chalcedon in kleinen Rhomboëdern auf Quarzkrystallen in Mandelstein-Drusen bei *Oberstein* und zu *Johanngeorgenstadt* angeführt. Nach Blum's gefälliger Mittheilung sind aber jene entweder Ueberzüge von Quarz- und Amethystkrystallen, oder Pseudomorphosen vielleicht nach Bitterspath oder Eisenspath. Nach ihm sind alle Angaben von krystallisirtem Chalcedon gewifs irrig, und beruhen auf oberflächlichen Beobachtungen. Auch Zippe theilte mir gefälligst mit, dafs ihm Chalcedon in ächten Krystallen unbekannt ist, als rindenförmigen Ueberzug auf Quarzkrystallen fand er ihn aber häufig, unter andern auch zu *Przibram*, und ebenso auch mit drusiger Oberfläche, in welcher mikroskopische Quarzkrystalle zu erkennen waren.

Da sich der Chalcedon überhaupt so häufig mit krystallisirten Quarzkrystallen findet, also unter Umständen, in denen der Quarz krystallisiren konnte, ohne aber selbst eine bestimmte Gestalt angenommen zu haben: so schwindet alle Wahrscheinlichkeit, dafs er als solcher jemals zum Krystallisiren gekommen ist.

Haidinger*) beschreibt Pseudomorphosen halbdurchsichtiger Quarzkrystalle nach Kalkspath aus einem Steinbruche in der Nähe von *Kupferberg* in *Böhmen*, auf deren Oberfläche sich eine sehr gleichförmige Lage von Chalcedon, 2 bis 4 Lin. dick, befand, und die hier und da mit zahlreichen kreisrunden, blutrothen Puncten besäet war. Ueber dieser Lage folgte wieder halbdurchsichtiger Quarz in deutlich erkennbaren Individuen. Zunächst der ursprünglichen Oberfläche der Kalkspathkrystalle bemerkt man eine rothe Färbung von Eisenoxyd, hierauf im Chalcedon selbst eine etwas durchsichtigere Linie, die jener Oberfläche entspricht. An einem Stücke setzt der Quarz deutlich gangartig durch die zerbrochene Chalcedonrinde, und hier und da geht jener in Krystallspitzen aus. Ueber denselben sind noch Krystallrinden von Quarz abgesondert sichtbar. Der Kalkspath hatte sich also zuerst

*) Pogg. Ann. LXV. 617.

in den Drusenräumen des Ganges gebildet. Hierauf begann die Chalcedonbildung in Begleitung von Eisenoxydhydrat, während welcher der Kalkspath unversehrt blieb. Als diese Bildung geschlossen war, begann die des Quarzes, der sich auf der Oberfläche des Chalcedon und im Innern der Krystallräume durch Verdrängung des Kalkspaths blafs violblau absetzte. Während dieses Vorganges sollen sich die rothen Puncte im Chalcedon zusammengezogen haben; dieser zersprang hier und da, und es setzte sich auf den feinen Klüften Eisenoxyd ab. Nach der Krystallisation des Quarzes bildeten sich wieder viel kleinere Kalkspathkrystalle in kugelförmigen Gruppen. Zwei Bildungen von Kalkspath, zwei von krystallinischem Quarz, eine von Quarz in verschwindenden Individuen, eine von Eisenoxyd aus Eisenoxydhydrat, zwei Perioden der Zerstörung von Kalkspath erscheinen deutlich in dem Handstücke.

Nach den Ergebnissen der Versuche von Fuchs ist es sehr wahrscheinlich, dafs die Gewässer, welche Chalcedon absetzten, theilweise gallertartige Kieselsäure enthielten, welche sich als Opal absetzte, während in den später fliefsenden Gewässern, welche krystallisirten Quarz absetzten, die Kieselsäure nur in dem Zustande vorhanden war, in dem sie sich in Pulverform ausschied. Was die blutrothen Puncte betrifft, welche Haidinger für Eisenoxyd hält: so ist eine Prüfung zu wünschen, ob sie wirklich wasserfrei sind; denn die Farbe allein kann nicht zwischen Eisenoxyd und Eisenoxydhydrat entscheiden, wie die oft rothe Färbung des Eisenoxydhydrats in den Streifen der *Carlsbader* Sprudelsteine zeigt. Wir sind übrigens gezwungen, Processe im Mineralreiche anzunehmen, wodurch, ohne Wirkung der Hitze, Eisenoxydhydrat in Eisenoxyd umgewandelt wird.

Nach Fuchs *) ist auch der Feuerstein ein Gemeng aus Quarz und Opal. Mehrere dünne Splitter desselben, 10 Min. lang der Einwirkung concentrirter Kalilauge ausgesetzt, wurden weifs, undurchsichtig und dem Hornstein ähnlich; sie hatten aber nicht mehr als 1,7 Proc. an Gewicht verloren. Aus Feuerstein-Pulver, ½ Stunde lang mit verdünnter Kali-

*) A. a. O. 578.

lauge gekocht, wurden 7,5 Proc. Kieselsäure ausgezogen. Er schliefst daraus, dafs der Feuerstein wirklich Opal enthält, aber etwas weniger als der Chalcedon. Constante Verhältnisse sind natürlich nicht zu erwarten.

Ueber die Entstehung der Feuersteine hat schon vor nahe 50 Jahren Hacquet *) Bemerkungen mitgetheilt, welche manches Interessante enthalten, und werth sind, der Vergessenheit entzogen zu werden. Er zeigt, dafs sie unzweifelhaft von der Kreide herrühren, in der er auch 7 Proc. Kieselsäure fand, und dafs sie sehr junge Bildungen seien. So fand man bei *Podgorze* in der Umgegend von *Krakau* an den Grenzen eines Buchenwaldes mitten in zwei faustdicken Feuersteinkugeln versteinerte Buchenwurzeln, welche ihre Farbe vollkommen erhalten hatten. Nur hin und wieder zeigten sich Flecke, welche von Feuersteinmasse herrührten. In einer andern Feuersteinkugel fanden sich ganz kleine versteinerte Holzspäne **). Diese Funde hatten die Achtsamkeit der Arbeiter sehr erregt; aber unter vielen Millionen Steinen, welche für die Darstellung der Flintensteine zerschlagen worden, hat man keine solche Versteinerung mehr gefunden. Die Feuersteine ohne Kalkrinde trifft man auf feuchtem Boden an; wo sie keine etwas wasserdichte Unterlage haben, scheinen sie in ihrer Entstehung gestört zu sein, oder konnten gleichsam nicht zu ihrer Reife gelangen. In den Bergen von *Brzczan*, so wie in vielen hundert anderen in *Rothreufsen*, *Pokutien* u. s. w. finden sich die Feuersteine nur einige Fufs tief unter der Oberfläche, stets von Geschieben und nie von zusammenhängenden Steinmassen bedeckt, so dafs die Gewässer tiefer als bis zu ihnen dringen können. Sie liegen neben einander und die Zwischenräume sind mit Kreide, Mergel, Lehm u. s. w. erfüllt. Alle diese Gebirge sind meist mit jungem Buchenwald bedeckt, welcher das Erdreich feucht erhält, wodurch die Auflösung der Kreide und die Bildung der Feuersteine begünstigt wird. Im Gebirge *Nad - Ochabo*, *Studence*

*) Gehlen's Journ. für Chem. u. Phys. B. I. S. 89 ff.

**) Holzspäne, die, angeblich nur von Nagethieren, Eichhörnchen, Haselmaus u. s. w. herrühren konnten. Da diese Thiere in den dortigen Wäldern nicht selten sind: so mag diese Vermuthung, meint Hacquet, keinem Zweifel unterliegen.

u. s. w. kommen merkwürdige Feuersteine vor, die wieder eine nicht gar alte Entstehung darthun. Im braunschwarzen Feuersteine, niemals auf der Oberfläche, liegen meist längliche, nicht ganz regelmäfsige Würfel, die zuweilen aus reinem blätterigen Kalkspath bestehen. Manchmal sind sie mit Kieselsubstanz wie eingehäuset, und bilden Parallelepipeden (Rhomboëder). Solche Feuersteine sind äusserst selten. Einer, der mit rothbraunen Jaspisadern durchzogen war, enthielt 13 solcher Einschlüsse. Als Hacquet Feuersteine mit solchen Einschlüssen mit Salpetersäure übergofs, lösten sich dieselben theils vollständig auf, und die Wände, zwischen denen sie im Feuersteine eingekeilt waren, erschienen glatt, theils blieben in den rückständigen Grübchen kleine warzenartige Erhabenheiten zurück, die mit ihrer weifsen Farbe ungefähr $\frac{1}{6}$ Linie in den schwarzen Stein eingriffen und eben so weit herausstanden. Jene waren daher noch unveränderte kohlensaure Kalkerde, diese dagegen schon mehr oder weniger quarzhaltig. Die zolllangen Würfel (Rhomboëder) wurden von der Säure noch weniger angegriffen: sie löste kaum $\frac{1}{10}$, oft nur $\frac{1}{30}$ davon auf. Quer im kieseligen Säulenwerke erschienen Spalten, die mit kohlensaurem Kalke ausgefüllt gewesen sein mufsten. Je mehr sich die Farbe dieser Würfel der des Feuersteins näherte, desto weniger wurden sie von Säuren angegriffen.

Hacquet zog aus fünf solcher Einschlüsse den kohlensauren Kalk mit Säuren aus und analysirte die Rückstände durch Aufschliefsen mit Aetzlauge. Er erhielt 89 bis 97 Proc. Kieselsäure, 0,25 bis 4,25 Kalkerde, ausserdem Thonerde und Eisenoxyd. Ist der kohlensaure Kalk mit Säuren vollständig ausgezogen worden: so können jene Kalkmengen nur als Silicate vorhanden gewesen sein, welches mit neueren Analysen der Feuersteine und des Schwimmsteins übereinstimmt.

Eine genaue Untersuchung jener beiden Feuersteine mit Holzeinschlüssen würde von grofsem Interesse sein, wenn dieselben noch in irgend einer Sammlung existiren sollten. Da die Holzopale zeigen, dafs Holz verkieselt werden kann, da die Feuersteine, nach Fuchs, Opal enthalten: so kann man an der Möglichkeit einer Silicification von Holz zu Feuersteinmasse nicht zweifeln. Wenn aber, nach Ehrenberg,

Kiesel-Infusorien und Kiesel-Spongien höchst wahrscheinlich vorzugsweise das Material zur Bildung der Feuersteine geliefert haben: so mufs man hinsichtlich jener Holzeinschlüsse etwas bedenklich werden. Das höchst seltene Vorkommen solcher Einschlüsse würde jeden Falls nur eine Ausnahme von der allgemeinen Regel sein. Dafs die von Hacquet überhaupt angeführten Gründe zu Gunsten einer Bildung der Feuersteine ausserhalb des Meeres noch Zweifel übrig lassen, ist einleuchtend.

Interessant, aber nicht unerwartet sind die Kalkeinschlüsse in Feuersteinen, welche auch an anderen Orten gefunden werden. Da die meisten kieseligen Bildungen, Quarz, Chalcedon, Halbopal, Hornstein, Karneol, Prasem und Eisenkiesel in Formen von Kalkspath vorkommen: so ist es nicht im mindesten auffallend, dafs auch der Feuerstein kohlensauren Kalk verdrängen kann. Jene zu Feuerstein gewordenen Kalkeinschlüsse sind daher mehr oder weniger vollendete Verdrängungspseudomorphosen nach kohlensaurem Kalk.

Auch andere Einschlüsse finden sich im Feuerstein. So in der Nähe von *Madrid* Gypsspath, und auf Kluftflächen eines Feuersteins aus *Frankreich*, wahrscheinlich aus der Kreideformation, Cölestin *).

Die vorstehenden Bemerkungen hinsichtlich der Bildung der Feuersteine führen uns überhaupt zu den merkwürdigen Beziehungen zwischen organischen und kieseligen Substanzen, wovon schon beim Opal und an mehreren Stellen die Rede war.

Sehr häufig kommt die Kieselsäure theils als krystallinischer oder gemeiner, theils als amorpher Quarz, wie Chalcedon, Feuerstein, Hornstein, seltener Jaspis und Achat, als Versteinerungsmittel verschiedener organischer Substanzen vor. Diese Silicificate fallen in zwei Abtheilungen: in solche, bei welchen die Kieselsäure die kalkigen Thierreste im krystallinischen oder compacten Zustande der ganzen Masse nach ersetzt, und in solche, bei welchen die amorphe und, wie es scheint, auch die krystallinische Kieselsäure in Form von Ringchen oder Scheibchen als Versteinerungsmittel auftritt.

In der ersten Art der Silicification sind entweder die

---

*) Sillem im n. Jahrb. f. Min. 1848. S. 392.

festen Theile des früheren organischen Körpers ihrer ganzen Masse nach durch Quarz ersetzt, oder dieser ist, meist bei Mollusken, zwischen die Schalen gedrungen, so dafs diese noch zum Theil mit kalkigen Theilen bedeckt sind, oder der kohlensaure Kalk ist ganz verschwunden *).

Ehrenberg **) machte interessante Beobachtungen über die Umbildung von Infusorien-Lagern (Kieselguhr) in feste Gesteine. Schon 1839 erkannte er, dafs die Infusorien-Lager bei *Rott* und *Geistingen* keine leeren Schalen enthalten, dafs vielmehr die kleinen unter sich verbindungslosen Kieselschalen sämmtlich erfüllt sind mit kieseliger Substanz. Es sind daher Steinkerne von Infusorien nach Art der bekannten Steinkerne der Muscheln. Eine etwas gröfsere Form von Bacillarien, die Pinnularia rhenana, fand sich stets mit vielen concentrischen Ringen augenartig erfüllt. Diese Augenbildungen hatten sich in den unsichtbar kleinen Thierzellen etwa wie die kieseligen Bildungen in den Mandelsteinen abgelagert. Bald waren die Schalen ganz mit solchen concentrischen Augenbildungen erfüllt, bald waren es nur einzelne. Wo sie sehr zahlreich gedrängt erschienen, hatten sie sich gegenseitig mannichfach gestört und den Raum ungegliedert erfüllt. Auch bei den kleinsten Formen war die Erfüllung und Umwandlung in ähnlicher Art zu erkennen. In der Nähe der dort vorkommenden schichtenförmigen Halbopale war die Erfüllung im Uebergange mit der Verschmelzung (Cementation), welche letztere, wo sie statt fand, den Halbopal ausmacht.

Diese Erscheinung ist offenbar verschieden von L. v. Buch's Silicification der bivalven Muscheln; denn diese findet nur statt, wo organische Materie vorhanden ist. So lange die Membranen in der Muschelschale noch nicht zerstört sind, setzt sich Chalcedon in den Lamellen ab; dieser verdrängt auch den ganzen Kalk der Schale, und Feuerstein nimmt zuweilen die Stelle des inneren Fleisches der Austern ein. Während also bei diesen die Schale ursprünglich aus späthigem kohlensauren Kalke besteht und von Kieselsäure ver-

---

*) Blum Nachtrag zu den Pseudomorphosen S. 182 ff.

**) Sitzungsberichte der Berliner Akad. d. W. vom Mai 1846.

drängt wird, bestehen die sich gleichfalls mit kieseliger Substanz erfüllenden Infusorien-Schalen schon aus Kieselsäure.

Wenn bei den Muscheln die Membranen der Schalen die Chalcedonbildung wesentlich bedingen: so ist bei den Infusorien-Massen, welche durch ein Bindemittel zu Saugschiefer oder Halbopal werden, ein solcher häutiger Theil nicht nachweisbar.

Dieser höchst langsam von Statten gehende Procefs ist, wie Ehrenberg bemerkt, vielleicht der Schlüssel für die bisher räthselhafte Erscheinung kieseliger derber Massen, welche lagenweise, gang- und nesterartig in lockern Schichten liegen.

Gegen diese Vorstellung kann gewifs nichts erinnert werden. Wie Kieselsäure-haltige Gewässer die Drusenräume in den Mandelsteinen, so werden sie auch die leeren Räume der Infusorien-Schalen mit kieseligen Bildungen erfüllen und zugleich die Schalen mit abgesetzter Kieselsäure zusammenkitten. Wir brauchen keineswegs zu besonderen, an Kieselsäure reichen Gewässern Zuflucht zu nehmen: jedes Quell- Bach- und Flufswasser kann diefs bewirken; denn Kieselsäure fehlt in keinem.

In den vulkanischen Tuffen im *Brohlthale*, am *Laacher-See* und am *Hochsimmer*, in dem schwarzen Rapillenlager zwischen diesem und dem *Forstberge* — beide erloschene Vulkane mit deutlichen Kratern und ausgedehnten Lavaströmen — fand Ehrenberg Infusorien-Schalen. Reiche Spuren des Organischen scheinen sich daher mit vulkanischen Thätigkeiten auf der Oberfläche zu finden. Nach seiner Ansicht waren die vulkanisch verarbeiteten Stoffe Tertiärbildungen und gehörten sämmtlich in die Zeit des Leuciscus papyraceus, in welcher sich ähnliche Ablagerungen, zum Theil verschont von vulkanischen Einwirkungen, im *Westerwalde*, im *Vogelsgebirge*, bei *Cassel* und *Bilin* gebildet haben.

Alle diese Formen der Tertiärzeit sind hauptsächlich Süfswasser-Gebilde mit sehr geringen, hier und da bei den Braunkohlenlagern hervortretenden, reinen Meer-Organismen.

Es scheint uns, dafs drei Möglichkeiten der Bildungsweise der Infusorien in der Nähe erloschener Krater vorliegen. Entweder existirten sie vor dem Ausbruche eines Vul-

kans in sedimentären Schichten, durch welche der Ausbruch ging, und blieben ganz verschont von vulkanischen Einwirkungen, oder sie entstanden erst, nachdem die Tuffe oder die Rapilli ihre dermalige Stelle eingenommen hatten, sei es, dafs diese Massen unter eine Wasserbedeckung kamen, oder dafs sie von Gewässern durchdrungen wurden. Von der ersten Bildungsart dürften die vom *Hecla* 1846 mit der Asche ausgeworfenen kieselschaligen Infusorien und Phytolitharien sein, welche sämmtlich Süfswasserformen sind. Die zweite dieser Bildungsarten wird in der Umgegend des *Laacher-See's* und im See selbst, so wie in den Maaren der *Eifel*, welche reich an verschiedenen Formen dieser Kieselschalen-Organismen sind, statt gefunden haben. Was die dritte Bildungsart betrifft: so müssen wir etwas näher in die Sache eingehen.

Man sollte glauben, diese Entstehungsart könnte gar keinem Zweifel unterliegen, da Ehrenberg *) in einigen Fragmenten der Opale im Dolerit von *Steinheim* und in den Serpentinen von *Kosemitz*, so wie im Porphyr von *Kaschau* runde Körper, denen im Feuersteine gleich, fand, die gröfste Masse aber im Innern homogen erschien, und da Stott Bowerbank **) mikroskopische Organismen auch in den Moosachaten von *Oberstein*, in den *ägyptischen* Achaten und in den *indischen* grünen Jaspissen gefunden haben will. Mit Ausnahme der *ägyptischen* Achate sollen alle von diesem untersuchte Achate Beweise ihrer Abstammung von Spongien darbieten.

Auf meine Anfrage hierüber war mein verehrter Freund Ehrenberg so gütig, vor fünf Jahren zu erwiedern, dafs er Bowerbank's Beobachtungen der Spongien in Achaten nicht genau beurtheilen kann, da er dessen Material nicht kennt; andere ähnliche von demselben publicirte Beobachtungen über die Structur der Korallen, in denen ebenfalls Kiesel-Nadeln enthalten sein sollen, kann er aber nicht billigen.

---

*) Poggend. Ann. XXXVIII. S. 462.

**) Bronn Handb. einer Geschichte d. Natur B. II. S. 709. Vergl. auch v. Rennenkampff im n. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1847. S. 26 ff.

Ehrenberg untersuchte die oberen reinen Spitzen derselben Thierspecies und konnte alles Feste in Salzsäure auflösen; es war daher alles kohlensaurer Kalk. Bowerbank mag wohl nicht frische obere, sondern alte untere Theile solcher Korallen untersucht haben, welche gewöhnlich von Spongien mit Kieselnadeln ganz bedeckt und durchwachsen sind. Da es Kreide-Feuersteine giebt, welche jaspisartig gebändert sind und auch solche, die, wie Festungs-Achate, concentrische Zeichnungen führen: so würde die Benutzung solcher Geschiebe nur eine Bestätigung seiner (Ehrenberg's) Darstellung der Structur der Kreide-Feuersteine sein. Dahin hatte er auch schon 1840 die oft morpholitischen *ägyptischen* Jaspisse gerechnet, worin er längst Polythalamien angezeigt hatte. Ganz anders verhält sich's mit wahren Achaten, wie die von *Oberstein*. „Ich bin demnach, bemerkt Ehrenberg, mit Bowerbank's Resultaten in so fern nicht einverstanden, als ich in den Korallenthieren nicht, wie er, Kieseltheile, sondern nur Kalktheile für ursprüngliche und physiologische Organe der Secretionen halte, die bei älteren Stämmen vorkommenden inneren Kieselnadeln aber für fremdartige und in die poröse Masse eingedrungene Spongien-Masse ansehe. Ferner halte ich die grünen Moosachate, wie die von *Oberstein*, nicht für organische, nicht für Spongien-Bildungen, sondern für dendritische unorganische Gebilde, ganz verschieden von der Masse der *ägyptischen* Jaspisse, in der auch unorganische Dendriten häufig sind.“. Ehrenberg untersuchte ungefähr 200 dünn geschliffene Achatblättchen, meist von *Oberstein* und Umgegend; niemals sah er aber darin Organisches.

Diesem gemäſs erscheint es sehr zweifelhaft, daſs die Achate in den Mandelsteinen aus mikroskopischen Organismen gebildet worden seien. Wenn nun aber die Opale auf regellosen Gängen in Trachyt-Conglomeraten bei *Kaschau* und in Blasenräumen der Trachyte *Ungarn's*, so wie in Klüften der *Kosemitzer* Serpentine u. s. w. ganz unzweifelhaft Infiltrationsproducte sind: so ist damit die Möglichkeit gegeben, daſs die Infusorien in solche Räume im Gebirgsgesteine durch die Gewässer geführt werden können. Im Widerspruche damit sagt aber Ehrenberg: „daſs sich durch die allgemeine Wasserdurchdringung aller Gesteine die kleinen Organismen

in den kleinen Zwischenräumen ablagern, oder dafs sie sich, wie die Quarzgänge, in Rissen und Spalten zusammenziehen oder sich darin lebend fortbilden könnten, sind, meinen Erfahrungen und meinem, durch diese geleiteten Ideengange fremde Ansichten. Flüsse und Meere fliefsen und fluthen seit früher Erdbildung über die Kreide hin, und nicht bis 1 Zoll tief findet man Kieselschalen der Bacillarien darin, obgleich dieselben die Oberfläche dick bedecken. Zahllose Untersuchungen habe ich hierüber angestellt. Die Infiltration von Infusorien ist offenbar eine völlig zu negirende Sache, so wahrscheinlich sie auch für die Theorie sein mag" *).

Ehrenberg nimmt für die Bildung der Feuersteine, Menilithe und Opale der Kreide und der tertiären Kalkschichten eine mechanische Ansammlung kieseliger und kalkiger, lockerer Theilchen meist organischen Ursprung auf dem Grunde des Meeres zwischen Spongien und Tangen an, worauf aber die kieseligen, unter Ausscheidung der kalkigen, sich näher zusammen begaben und Kugeln bildeten, die dann von einem oder mehreren Mittelpuncten aus, nach allen Seiten wachsend, in die geschichteten Umgebungen aus andern lockern Kieseltheilchen eindrangen und auch diese mit sich aufnahmen und noch aufnehmen, so jedoch, dafs Spuren der ursprünglichen Schichtflächen der letzteren auch in ersteren noch fortsetzen.

Die *südeuropäischen* Kreidelager enthalten wenig oder gar keine Feuersteine, die *nordeuropäischen* deren viele in sehr regelmäfsigen horizontalen, oft nur 1 bis 6 Fufs von einander entfernten Schichten. In diesen hat man aber bisher keine jener Infusorien-Mergel gefunden, welche in, mit der Kreide wechselnden Schichten überaus zahlreich und mächtig in *Sicilien*, *Oran* und *Griechenland* erscheinen. Eine Vergleichung der südlichen Infusorien-Mergel und der

*) Sollte die in der *Freiberger* Grube *Bescheert-Glück* in 1100 F. Teufe lebende Gallionella ferruginea nur durch die von Menschenhänden abgeteuften Schächte, und nicht auch durch die von der Natur bewirkten Spalten hineingekommen sein? — Das *Berliner* Infusorienlager läfst sich bis zu 100 F. Tiefe verfolgen und befindet sich in einem Zustande, welcher die Fortpflanzungs-Fähigkeit grofser Massen von Individuen anzeigt (B. I. S. 984).

nördlichen Feuersteinschichten liegt sehr nahe und ist sehr ansprechend. Nach Ehrenberg *) scheint in diesem Wechselverhältnifs wohl die Feuersteinbildung zu ihrer völligen Erklärung zu gelangen. Der von ihm bisher bemerkte Mangel an zahlreichen verschiedenen Formen von Kiesel-Infusorien in der Kreide zur Bildung der Feuersteine ist verschwunden und an seine Stelle ein grofser Reichthum getreten. In den Feuersteinen des Jurakalks von *Krakau* fand er wohl erhaltene eigenthümliche Polythalamien und Reste von Spongien oder Tethyen, und auch Polythalamien der Kreide in den bei *Cambridge* in *England* unter der Kreide liegenden Gault (Thon) - Feuersteinen **).

Bronn ***) ist der Ansicht, dafs die Entstehung der Morpholithe erst begonnen hat, nachdem die Gebirgsarten, welche sie einschliefsen, schon schichtweise niedergeschlagen waren. Hat aber dieser Procefs später stattgefunden: so kann er auch jetzt noch stattfinden, wie auch Ehrenberg annimmt. Dafür sprechen auch die in Feuersteinen eingeschlossenen Buchenholz-Wurzeln, die Verdrängung des kohlensauren Kalks durch Kieselsäure und die kalkigen Einschlüsse von Flustra, Eschara und Echiniten in Kreide-Feuersteinen in einer Grundlage von Kiesel-Infusorien, Spongien und Fukoiden. Die von Bronn †) angeführten senkrechten und schiefen Feuerstein-Gänge in der Kreide, zwischen *Brighton* und *Rottingdean*, würden auch für eine spätere Bildung der Feuersteine zeugen, wenn diefs wirklich Gänge sein sollten. Da aber die dortigen Kreidelager aufgerichtet sind: so mögen diese vermeintlichen Gänge wohl nur Feuersteinschichten sein, die mit Kreideschichten wechseln. Wenn dagegen Spuren von Streifen und Schichtungsflächen in den Kalksteinen die Kiesel-Concretionen, auf welche sie treffen, ungestört durchsetzen, obgleich die Schichtungsklüfte sich schliefsen und verschwin-

---

*) Poggend. Ann. B. XLVII. S. 506.

**) Mehr in das Einzelne einzugehen, erlaubt der Raum nicht. Toulmin Smith's und Bowerbank's Untersuchungen (n. Jahrb. 1847. 602 ff.) können wir daher nur citiren.

***) A. a. O. B. I. S. 237.

†) Ebend. B. II. S. 707.

den: so scheint diefs nicht nur zu beweisen, dafs diese Concretionen erst entstanden sind, als das sie jetzt umschliefsende Kalkgebirge mit seinen fossilen Resten schon abgesetzt und geschichtet war, sondern auch, dafs sich die eingeschobenen Kieselmassen dadurch Platz verschafften, dafs die Gewässer, welche die Kieselsäure einführten, kohlensauren Kalk fortführten.

Sind die Feuersteine gleichzeitig mit der Kreide im Meere gebildet worden: so kann die ganze Menge ihrer Kieselsäure entweder nur durch organische Thätigkeit (B. I. S. 975) oder dadurch aus dem Meerwasser ausgeschieden worden sein, dafs sie andere Substanzen verdrängt hat. Da wir den Quarz in Formen so vieler Mineralien finden: so ist nicht zu zweifeln, dafs viele solcher Verdrängungspseudomorphosen im Meere entstanden sind. Da die Holzopale, die kieseligen Ueberzüge an Brückenpfeilern und die Silicificationen des Fleisches und der Membranen der Austern zeigen, wie die Kieselsäure auch abgestorbene organische Substanzen verdrängen kann: so werden solche, auf dem Meeresgrunde liegende Substanzen gleichfalls verdrängt werden. Es ist übrigens keine eigentliche Verdrängung; sondern vielmehr die Folge der bekannten Neigung der Kieselsäure, sich mit organischen Materien zu verbinden, — eine Neigung, welche sich bei jeder Analyse eines Mineralwassers oder eines, organische Reste haltenden Minerals äussert, — wodurch die Abscheidung der Kieselsäure aus dem Meerwasser erfolgt. Die Fortführung des gröfsten Theils der silicificirten organischen Substanz ist dann der zweite Act des chemischen Processes. Wie man sich aber auch den Hergang denken mag, dafs Organisches, sei es lebend oder leblos, Kieselsäure aus noch so sehr verdünnten wässrigen Lösungen abzuscheiden vermag, ist eine entschiedene Thatsache.

Zwischen den Absätzen der Kieselsäure und des kohlensauren Kalkes aus dem Meerwasser zeigt sich demnach ein wichtiger Unterschied. Der kohlensaure Kalk kann nur durch eine organische Thätigkeit, nicht durch leblose organische Materie aus verdünnten wässrigen Auflösungen abgeschieden werden. Eine solche Verwandtschaft, wie zwischen Kieselsäure und organischer Materie, findet beim kohlensauren Kalke nicht statt.

Die Feuerstein-Spongien stellen eine dichte Kieselmasse von der äusseren Form der ehemaligen Spongien-Arten dar. Die Fasern derselben sind aber ausserordentlich fein und liegen so locker auf einander, dafs sie, wie die frischen, voluminösen Badeschwämme zeigen, in einen kleinen Raum zusammengeprefst werden können. Silicificiren sich diese zarten Fasern vollständig: so kann nur ein Kieselskelet von nahe gleicher Porosität wie im Schwamm entstehen; denn wenn die Kieselsäure die organische Materie verdrängt: so fehlt die Ursache, welche eine weitere Abscheidung aus dem Meerwasser bewirken könnte. Die sogenannte Molecular-Attraction, welche man zu Hülfe nimmt, ist weiter nichts, als ein mysteriöses Wort *). Ebenso wenig wie die Quarze und der Quarzsand im Meere, so können auch nicht die silicificirten Spongien die im Meerwasser aufgelöste Kieselsäure ausscheiden. Neue organische Materie, sei es lebende oder todte, müfste in die Zwischenräume der Spongien eindringen, wenn eine dichte Feuersteinmasse im Meere entstehen sollte.

Nicht einmal ein Infusorien-Lager könnte sich unter dem Meere in festes Gestein umwandeln (S. 1250), und ebenso wenig könnte, wenn die Zwischenräume der Spongien mit Kieselpanzern von Infusorien erfüllt wären, daraus ein Feuerstein entstehen; denn die im Meerwasser aufgelöste Kieselsäure kann nur dann die Kieselpanzer an einander kitten, wenn eine oder die andere der oben angeführten Ursachen sie ausscheidet. Befänden sich z. B. zwischen diesen Panzern kalkige Theile: so könnte die Kieselsäure des Meerwassers den kohlensauren Kalk verdrängen und, seine Stelle einnehmend, als Cement wirken. Es würde derselbe Procefs, wie bei der Verdrängung der in Feuersteinen eingeschlossenen Kalkparthien durch Kieselsäure sein; denn wo auch diese Ver-

*) Die Ursache, warum sich bei langsamer Krystallisation die Theilchen des aufgelösten Körpers, hauptsächlich nur am Boden absetzen, kennen wir. So wie sich nämlich ein festes Theilchen absetzt, so wird die Lösung an diesem Puncte leichter und steigt empor, während eine gesättigtere Lösung an die Stelle tretend, gleichfalls ein festes Theilchen absetzt u. s. w. Ein solcher Vorgang findet aber nicht in einer so verdünnten Kieselsäure-Lösung, wie das Meer darstellt, statt.

drängung statt gefunden hat, nichts anderes als Gewässer, welche mehr oder weniger Kieselsäure als das Meerwasser hielten, konnten sie bewirkt haben.

Deuten die Spongien in den Feuersteinen auf Meeresbildungen, gleichviel ob gleichzeitig mit der Kreide oder nach derselben: so dürfen wir dennoch die Schwierigkeiten, auf die wir hierbei stofsen, nicht verkennen. Indem wir auf dieselben aufmerksam machten, dürften vielleicht in unserer Darstellung einige Winke für künftige Untersuchungen zur Erforschung des in Rede stehenden, wichtigen Gegenstandes gefunden werden.

Smith's Ansicht *), dafs flüssige, nicht gallertartige Kieselsäure während der Bildung der Kreide in Zwischenräumen durch den Ocean verbreitet war, und auf denjenigen Boden sank, der sich der Reihe nach bildete, und dafs hier die Anwesenheit irgend eines organischen Körpers die Erstarrung derselben ausserordentlich schnell bewirkt habe u. s. w., bedarf keiner Widerlegung: sie gehört zu den Phantasiegemälden, wie man sie so häufig in geologischen Erklärungen zu finden gewohnt ist.

## Mineralien in Formen von Quarz.

Umwandlungen des Quarzes in andere Mineralien kann es, da die Kieselsäure ein einfaches Oxyd ist: weder durch Verlust noch durch Austausch von Bestandtheilen geben. Möglicher Weise könnte sie sich in andere Mineralien durch Aufnahme von Basen umwandeln. In den Gewässern bieten sich ihr aber die Basen, namentlich die Alkalien, die alkalischen Erden, das Eisenoxydul u. s. w. nicht im isolirten Zustande, sondern an Kohlensäure, Schwefelsäure, Chlor u. s. w. gebunden dar; diese Stoffe kann aber die schwache Kieselsäure auf nassem Wege und in gewöhnlicher Temperatur nicht verdrängen. Fänden wir irgend ein einfaches oder zusammengesetztes Silicat, z. B. einen Zeolith in Formen von Quarz: so würde diefs ein Beweis sein, dafs eine solche Pseudomorphose entweder auf pyrochemischem Wege, oder auf nas-

*) N. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1847. S. 774.

sem Wege in erhöhter Temperatur von Statten gegangen wäre. Weil aber solche Pseudomorphosen nicht bekannt sind: so haben wir guten Grund zu schliefsen, dafs die Quarze in unsern Gebirgsarten niemals in solche Verhältnisse gekommen sind, und diefs spricht überhaupt gegen die Möglichkeit pyrochemischer Pseudomorphosen.

A priori scheinen Verdrängungspseudomorphosen von Mineralien nach Quarz nicht möglich, da die Kieselsäure im Quarz zu den schwerlöslichsten, oder, nach chemischen Begriffen, zu den unlöslichsten Substanzen gehört. Indefs die B. II. S. 1008 angeführten Erscheinungen zeigen, dafs auch der Quarz durch Gewässer fortgeführt, und die Gebr. Rogers fanden, dafs Chalcedon vom Wasser aufgelöst werden kann (B. II. S. 978). Damit stimmt auch die Existenz von Verdrängungspseudomorphosen nach Formen von Quarz überein (S. 1008). Allein da nur drei Mineralien in solchen Quarzformen vorkommen, und zwei davon es unbestimmt lassen, ob wirkliche Verdrängungen statt gefunden haben: so ergiebt sich hieraus, dafs nur unter besonders seltenen Umständen eine solche Verdrängung möglich ist.

## Brauneisenstein und Eisenkies nach Quarz.

Nach Schüler kommen Pseudomorphosen von Brauneisenstein nach Quarz bei *Aue* in *Sachsen* vor. Auf der Insel *Elba* sind die dünnen und kleinen Quarzkrystalle, welche so häufig den Eisenglanz begleiten, zuweilen von faserigem Brauneisenstein ganz umhüllt; aber gewöhnlich noch unter dieser Decke vorhanden *).

Da Eisenoxydhydrat nie in wässriger Auflösung vorkommt: so können es nur Gewässer, welche kohlensaures Eisenoxydul enthalten, absetzen. Die Möglichkeit ist daher gegeben, dafs solche Gewässer, nachdem dieser Absatz aus ihnen erfolgt ist, die Kieselsäure des Quarzes auflösen und fortführen. Da indefs hohle Pseudomorphosen von Brauneisenstein, aus denen der Quarz ganz verschwunden ist, nur höchst selten vorkommen: so finden nur in den seltensten

*) Blum die Pseudomorphosen S. 294.

Fällen eigentliche Verdrängungs-Pseudomorphosen des Brauneisensteins nach Quarz statt; in den meisten sind sie blofs Eisenoxydhydrat-Ueberzüge (Umhüllungspseudomorphosen) auf Quarzkrystallen.

Der Eisenkies soll in Umhüllungspseudomorphosen nach Quarz vorkommen, wie wenigstens in den meisten Lehrbüchern der Mineralogie angeführt wird. Als Ueberzug auf Quarzkrystallen findet man ihn jedoch nicht selten; ob aber der Quarz ganz verschwunden ist, ist nirgends mit Bestimmtheit angegeben *).

Da Eisenkies aus Eisenoxydulcarbonat, schwefelsauren Salzen und organischen Substanzen entstehen kann (B. I. S. 919): so ist seine Bildung auf Quarzkrystallen möglich, welche mit Gewässern, in denen diese Stoffe enthalten sind, in Berührung kommen. So lange aber keine Eisenkiese in Quarzformen gefunden werden, aus denen der Quarz ganz verschwunden ist, müssen wir an der Existenz eigentlicher Verdrängungspseudomorphosen zweifeln.

Umgekehrt giebt es Verdrängungspseudomorphosen des Quarzes nach Eisenspath, Eisenglanz und Eisenkies. Wenn die beiden letzteren Pseudomorphosen dem allgemeinen Gesetze, dafs das verdrängende Mineral stets schwerlöslicher ist, als das verdrängte (S. 1144), zu widersprechen scheinen: so hebt sich der Widerspruch durch den Umstand, dafs der Eisenglanz und der Eisenkies in keinem Falle als solche von den Gewässern fortgeführt werden. Das Eisenoxyd wird leicht durch organische Substanzen zu Oxydul reducirt, und das Schwefeleisen wird eben so leicht durch Sauerstoff in schwefelsaures Eisenoxydul umgewandelt. Gewässer, welche organische Substanzen enthalten, reduciren daher den Eisenglanz, und lösen das Eisenoxydul als Carbonat auf; denn enthalten auch solche Gewässer keine Kohlensäure, so bildet sich dieselbe gleichwohl durch diese Reduction. Da das kohlensaure Eisenoxydul in kohlensaurem Wasser leichtlöslicher als die Kieselsäure ist: so entspricht diefs jenem allgemeinen Gesetze, und es ist also derselbe Fall, wie beim Verdrängen des Eisenspaths durch Quarz.

---

*) Ebend. S. 300.

Ebenso verdrängen Gewässer, welche Kieselsäure und Sauerstoff enthalten, den Eisenkies; denn das Schwefeleisen, welches an sich gewifs zu den unlöslichsten Körpern gehört, wandelt sich durch Oxydation in das leichtlösliche schwefelsaure Eisenoxydul um. So bestätigt sich auch in diesem Falle jenes allgemeine Gesetz, dafs das verdrängende Mineral, der Quarz, schwerlöslicher ist, als das verdrängte, der in schwefelsaures Eisenoxydul umgewandelte Eisenkies.

Es dürfte stets gelingen, die sich ergebenden Widersprüche gegen dieses Gesetz zu beseitigen, wenn man nicht blofs die relative Löslichkeit des verdrängenden und des verdrängten Minerals vergleicht, sondern auch beachtet, ob nicht das letztere einer Zersetzung durch die Bestandtheile der Gewässer fähig ist, wodurch es löslicher wird. Ebenso hat man auf die verschiedene Löslichkeit einer und derselben Substanz in ihren verschiedenen isomerischen Modificationen Rücksicht zu nehmen. Diefs hat namentlich Bezug auf die Kieselsäure. In den Gewässern befindet sich dieselbe in ihrer löslichen Modification; so wie sie sich aber daraus abgeschieden hat, geht sie in die unlösliche über. Dadurch ändert sich ihre relative Löslichkeit im Verhältnisse zu anderen Mineralien wesentlich, und daher rührt es, dafs die Kieselsäure in ihrer löslichen Modification eine so grofse Zahl von Mineralien verdrängen kann, während umgekehrt die Verdrängung der Kieselsäure in ihrer unlöslichen Modification so sehr selten ist.

Zu den unzweifelhaften Fällen einer solchen Verdrängung gehören die schon S. 1114 und 1115 erwähnten

## Pseudomorphosen des Specksteins nach Quarz.

Diese Verdrängungspseudomorphosen bei *Göpfersgrün*, finden sich nach Blum *) unter denselben Verhältnissen, wie die nach Bitterspath, und mit diesen in Gesellschaft. Gegen die frühere Ansicht, dafs diese Krystalle wahre Individuen des Specksteins seien, zeugen die Uebereinstimmung derselben

*) A. a. O. S. 115 und Nachtrag S. 68. Siehe auch Marx in Schweigger's Journ. B. LVI. S. 312.

mit den Formen des Quarzes, die Gleichheit der Winkel, die verschiedenartige Ausdehnung einzelner Flächen und die feinen Querstreifungen der Säulenflächen, welche die Quarzindividuen so sehr characterisiren. Man nimmt den Uebergang des Quarzes in Speckstein, jedoch meist nur an krystallinisch-strahligen und an mehr derben Massen wahr *). Der Quarz wird etwas trübe, glanzlos, weifs und besonders spröde; er läfst sich zu einem feinkörnigen Pulver ritzen, wobei jedoch stets feine Splitter abspringen. Dicht daneben ist die Masse weich, matt, gelblich oder graulichweifs, mit einem Worte Speckstein. Auch der Glimmerschiefer in der Nähe dieser Pseudomorphosen ist in Speckstein umgewandelt, welches leicht zu begreifen ist, da dessen Gemengtheile, Quarz und Glimmer, für sich dieser Umwandlung unterliegen. Dieser Speckstein nach Glimmerschiefer zeigt noch das schiefrige Gefüge desselben, und die Stellen des aus dem Glimmer hervorgegangenen Specksteins sind bräunlich gefärbt, ohne Zweifel durch den Eisengehalt des Glimmers. Blum führt noch mehrere andere Orte an, wo sich Verdrängungspseudomorphosen des Specksteins nach Quarz finden. In einer Quarzgeode aus einem Mergellager bei *Olomutschan* in *Mähren* fand er die Spitzen der Quarzkrystalle in Speckstein umgewandelt. Er macht ferner aufmerksam auf die Umwandlung derber Quarzmassen in Speckstein, und ist der Meinung, dafs der meiste auf Gängen vorkommende Speckstein von solcher Entstehung sei. Er bezieht sich defshalb auf Burkart's **) Beobachtungen in der Grube *Concepcion* in *Mexico* und auf die Zinnerzgänge von *Zinnwald* und von *Altenberg* in *Sachsen*. Der Quarz, welcher die Gangmasse bildet, ist häufig in Speckstein umgewandelt. Er wird matt, trübe, weifslich, gelblichweifs oder grünlich, fettartig glänzend, verliert seine Härte und nimmt nach und nach alle Eigenschaften des Specksteins an.

Nauck ***) fügt Blum's genauer Beschreibung der

---

*) Nöggerath (Ausflug nach Böhmen 1838. S. 76) bemerkt jedoch, dafs es gerade der Amethyst sei, welcher pseudomorphosirt erscheint.

**) Aufenthalt und Reisen in *Mexico* u. s. w. B. II. S. 193.

***) Der Speckstein von *Göpfersgrün* in Poggend. Ann. B. LXXV. S. 129 ff.

Verhältnisse des Specksteins von *Göpfersgrün* Interessantes bei, und unterwirft dessen genetische Erklärungen einer sorgfältigen Kritik. Die Ausfüllung der Räume zwischen den pseudomorphosirten Quarz- und Bitterspathkrystallen mit Speckstein betrachtet er mit Recht als den Stein des Anstofses für alle bisherigen Erklärungsversuche. Blum zählt die Pseudomorphosen des Specksteins nach Quarz zu den Umwandlungspseudomorphosen durch Austausch von Bestandtheilen. Dem gemäfs hätte der Quarz einen Theil seiner Kieselsäure abgegeben und dagegen Magnesia aufgenommen, und jener hätte sich da, wo Bitterspath in der Nähe war, mit dessen Magnesia gleichfalls zu Speckstein verbunden. Beides ist aber nicht denkbar, da die Kieselsäure die Magnesiasalze nicht, mithin auch nicht die kohlensaure Magnesia des Bitterspaths auf nassem Wege zersetzen kann *). Abgesehen davon, würde aber, bemerkt Nauck, der Magnesiagehalt des Bitterspaths nicht ausgereicht haben, um sowohl diesen, als den Quarz ohne Volumen-Verlust in Speckstein zu verwandeln und noch obendrein alle Zwischenräume mit Speckstein auszufüllen. Er kommt zu unserer schon B. I. S. 791 ff. ausgesprochenen und ihm als eine evidente Gewifsheit erscheinenden Ansicht, dafs der Speckstein von aussen her als Magnesiasilicat zugeführt worden ist. Er hebt hervor, dafs alle Mineralien, in deren Form der Speckstein erscheint, schwerlöslich sind, und dafs dieser vielleicht defshalb nicht in der Form leichtlöslicher Mineralien erscheint, weil die geringe Menge kieselsaurer Magnesia in einer gewissen Quantität Wassers den Raum eines leichter löslichen Minerals, welches von derselben Menge Wassers aufgelöst wird, nicht ausfüllt. Die Form des verdrängten Minerals wird um so besser bewahrt, je langsamer der Procefs vor sich geht, d. h. je geringer die Löslichkeit beider Substanzen ist, und diefs ist bei den Specksteinpseudomorphosen der Fall.

---

*) Da sich Blum damals noch, als er seine Pseudomorphosen des Mineralreichs schrieb, zur Ansicht pseudomorpher Bildungen auf pyrochemischem Wege, wenigstens in manchen Fällen, hinneigte: so können wir nicht in eine specielle Kritik seiner Erklärung der Specksteinbildung (S. 361 ff.) eingehen, wenn wir nicht das oft Gesagte abermals wiederholen sollen.

Dieser Bemerkung entspricht der Umstand, dafs die Specksteinpseudomorphosen nach Quarz nicht hohl sind. Die Gewässer mufsten daher eben so viel Kieselsäure fort-, als Magnesiasilicat zuführen; denn die specif. Gewichte des Quarzes und des Specksteins sind nahe einander gleich. Vom ursprünglichen Minerale mufsten die Gewässer sogar noch mehr fortführen, als vom Magnesiasilicat absetzen, wenn jenes ein gröfseres specif. Gewicht als der Speckstein hatte. Diefs ist der Fall beim Turmalin, Augit, Idokras und Granat, in deren Formen Speckstein erscheint. Die Menge des fortgeführten Minerals konnte bei diesen Verdrängungspseudomorphosen bis zum $1\frac{1}{2}$fachen vom abgesetzten Speckstein steigen.

Nach Nauck enthält der *Göpfersgrüner* Speckstein in Quarzformen, und in der Ausfüllungsmasse fast reines Magnesiasilicat mit geringen Spuren von Eisenoxydul, Manganoxydul und Magnesiasilicat; gröfsere Mengen dieser Substanzen, so wie Gyps, waren dagegen dem Speckstein in der Form des dichten Dolomit beigemengt. In einem gelblichen Speckstein von der Form des Glimmerschiefers fand er ausserdem etwas Chrom.

Da der Speckstein in der Ausfüllungsmasse ein unmittelbarer Absatz aus Gewässern, und sogar früher abgesetzt worden ist, als die Bitterspathkrystalle pseudomorphosirt wurden (1114): so ist nicht einmal anzunehmen, dafs das Magnesiasilicat in den Gewässern eine basische Verbindung war, welche Kieselsäure aus dem pseudomorphosirten Quarze aufnahm, und dadurch erst zu Speckstein wurde; sondern es mufs der Quarz gänzlich fortgeführt worden sein. Wo, wie zu *Göpfersgrün*, ganz verschiedene Mineralien, Quarz, Bitterspath und Dolomit, in Speckstein umgewandelt wurden, und dieser sich auch als Ausfüllungsmasse absetzte, kann das Material des ursprünglichen Minerals keinen Einflufs gehabt haben (B. I. S. 792).

Auf den Flächen der pseudomorphen Krystalle, welche fast stets einen dunkel gefärbten Ueberzug haben, finden sich gewöhnlich gelbbraune bis schwarze Dendriten *). Jener

*) Nöggerath (a. a. O.) fand diese Dendriten niemals in Specksteinen, welche pseudomorphe Krystalle enthalten.

Ueberzug enthält Eisen und Mangan, welche jeden Falls dem Gehalte des Dolomit an kohlensaurem Eisen- und Manganoxydul zuzuschreiben sind. Diefs beweist, wie die Gewässer, nachdem sie nichts mehr auszutauschen fanden, andere Bestandtheile, nämlich ihre Eisen- und Manganoxydulcarbonate absetzten.

Der erwähnte trübe und glanzlose Zustand des Quarzes in der Nähe des Specksteins spricht sehr dafür, dafs diese Verwitterung der Verdrängung durch Magnesiasilicat vorausgeht. Dafs Quarze, auch ohne diese Verdrängung zu erleiden, verwittern, zeigt die weifse Rinde der Feuersteine *). Der sogenannte Schwimmstein in der Gegend von *Paris* scheint aus Feuerstein, den er auch gewöhnlich umhüllt, entstanden zu sein. Die Frage, wie sich überhaupt solche quarzige Bildungen zersetzen können, da die Kieselsäure an sich von den Atmosphärilien nicht angegriffen wird, ist durch die Analyse des verwitterten und nicht verwitterten Theils eines Feuersteinmessers (B. II. S. 419) beantwortet worden; diese Verwitterung ist nämlich die Folge des Austausches eines geringen Kalkerdegehaltes gegen Kali.

Ein Seitenstück zu den Specksteinpseudomorphosen nach Quarz sind die von Frapolli aufgefundenen und von G. Rose **) beschriebenen Specksteinknollen im Gyps vom *Stecklenberg* am *Harz,* welche ganz das Ansehen von Pseudomorphosen nach Feuerstein haben. Nach der Analyse von Bromeis haben diese Knollen ganz die Mischung des Specksteins; sie enthalten aber die bedeutende Menge von 4 Proc. Kohle und bituminösen Theilen, welche wahrscheinlich vom ursprünglichen Feuerstein herrühren.

---

*) Ehrenberg (Poggend. Ann. B. XXXVIII. S. 461) ist zwar der Ansicht, dafs diese aus Kieselsäure bestehende Rinde nicht durch Verwitterung des Feuersteins entstehe, sondern bei der Bildung der Feuersteine von der auflösenden oder verändernden Flüssigkeit noch nicht vollständig durchdrungen wurde; allein in diesem Falle wäre eher zu erwarten, dafs sich solcher noch nicht fertiger Feuerstein im Innern befände, da die vorausgesetzten Flüssigkeiten doch von aussen nach innen gedrungen sein würden.

**) Zeitschrift der deutschen geol. Gesellsch. B. II. S. 136.

F. Graf Schaffgotsch *) fand, dafs der Schwimmkiesel mit Säure brauste. Das bei 80° R. getrocknete Mineral bestand, unter der Voraussetzung, dafs sämmtliche durch Salzsäure ausziehbare Kalkerde ursprünglich als Carbonat beigemengt war, aus

| | |
|---|---|
| Unreiner Kieselsäure . . . . . | 86,9 |
| Thonerde . . . . . . . . . . | 0,7 |
| Kohlensaurer Kalkerde . . . . | 9,1 |
| Wasser . . . . . . . . . . | 3,3 |
| | 100,0 |

Die Zusammensetzung des Schwimmsteins scheint indefs zu variiren; denn Vauquelin fand darin 98 Kieselsäure und 2 kohlensaure Kalkerde. Ein verwitterter Feuerstein, der bei *Elberfeld* in Flufsgeschieben gefunden worden, brauste nicht mit Säuren. Vielleicht, dafs das Wasser seinen kohlensauren Kalk schon ausgezogen hatte.

Nach dem Resultate der vorhin angeführten Analyse von Berzelius ist es wohl nicht zweifelhaft, dafs die Kalkerde ursprünglich als Silicat im Feuersteine vorhanden, und dafs das Carbonat im Schwimmsteine ein Zersetzungsproduct des Silicats war. Schaffgotsch's Analyse giebt übrigens der Vermuthung Raum, dafs ein kleiner Theil der Kalkerde noch als Silicat im Schwimmstein existirt habe. Auf Kali wurde nicht geprüft; es könnte daher wohl sein, dafs auch hier eine, wenigstens theilweise Verdrängung durch Alkalien statt gefunden habe, obgleich die so ungemein häufige Zersetzung der Kalksilicate durch Kohlensäure auch bei einem kalkhaltigen Feuersteine als möglich gedacht werden kann.

Sehr bemerkenswerth ist, wie, nach vorstehender Analyse, aus einer wasserfreien kieseligen Bildung durch Zersetzung eine wasserhaltige entstehen kann; denn der vorstehende Schwimmstein ist gewifs nichts anderes als ein zersetzter Feuerstein.

Da die Feuersteine meist in Kalksteinen und vorzüglich in der Kreide vorkommen: so ist es sehr wahrscheinlich, dafs

*) Poggend. Ann. B. LXVIII. S. 150.

sie stets geringe Mengen von Kalkerde enthalten, und diefs mag wohl die Ursache sein, dafs vorzugsweise diese kieseligen Bildungen der Verwitterung fähig sind. Die in Sandlagern vorkommenden Feuersteine sind nach Hacquet meist verwittert. Quarzgeschiebe, welche doch den günstigsten Verwitterungsverhältnissen ausgesetzt sind, zeigen sich in der Regel ganz unverändert. Findet man sie aber gleichwohl bisweilen zerfallen oder so mürbe, dafs sie zwischen den Fingern zerbrochen werden können: so sieht man sie mit Adern von Eisenoxydhydrat durchzogen. Ohne Zweifel ist daher ein Gehalt an Eisenoxydulsilicat, welches durch den Sauerstoff und das Wasser der Atmosphäre zersetzt wird, die Ursache ihrer Verwitterung. Eine Beimischung von Kalkerde oder Eisenoxydul scheint daher stets die Zersetzung kieseliger Bildungen zu bedingen *).

Die Vermuthung liegt nahe, dafs die Kieselsäure durch diese Zersetzung aus der unlöslichen Modification in die lösliche übergeht. Nachstehende Versuche haben diese Vermuthung bestätigt.

Ein verwitterter Feuerstein, welcher so mürbe war, dafs er mit den Fingern zerbrochen werden konnte und abfärbte, wurde über Nacht mit destillirtem Wasser gelinde digerirt. Die Flüssigkeit opalisirte und konnte durch Filtriren nur sehr schwierig von den äusserst feinen Kieselsäure-Theilchen befreit werden. Nach dem Abdampfen liefsen 10000 Th. dieser Flüssigkeit 0,16 Th. eines durch kohlige Theile schwarz gefärbten Rückstandes, welcher, nach Abscheidung

*) Breithaupt (Handb. d. Mineral. B. III. S. 667) bemerkt, dafs der Quarz um so weniger verwittert, je weniger er mit anderen Mineralien gemengt ist. Wo Feldspath verwittert, da wird auch der mit ihm in Berührung stehende Quarz angegriffen; daher die rauhen Krystallflächen des Quarzes aus der Porcellanerde von *Aue* in *Sachsen*. Nach Autenrieth scheinen einige Moosarten den Quarz rauhflächig und zur Verwitterung etwas fähig zu machen. Selbst auf glatten Quarzflächen sollen sich, wenn sie oben liegen, Moos und Infusionsthierchen bilden (B. I. S. 239). An dem mächtigen Quarzgange des *Bohrstein's* und *Hohenstein's*, in der Nähe des *Felsberg* im *Odenwald*, habe ich diese Wirkung der Vegetation recht auffallend wahrgenommen.

des Eisens und nach Verbrennen der Kohle, 0,04 Th. Kieselsäure zurückliefs. Da die Mineralquellen, besonders diejenigen, welche reich an kohlensaurem Natron sind, viel gröfsere Mengen Kieselsäure enthalten, und die kohlensauren Alkalien auflösend auf die Kieselsäure in ihrer löslichen Modification wirken: so war zu vermuthen, dafs ein Zusatz von kohlensaurem Natron die Auflösung der Kieselsäure befördern würde. Vergleicht man den Kieselsäuregehalt in den B. I. S. 357 zusammengestellten Analysen von 31 Mineralquellen: so findet sich, dafs die an kohlensaurem Natron reichste Mineralquelle, der *Heilbronn*, auch die gröfste Menge Kieselsäure enthält. Es wurden daher zu 10000 Th. destillirtem Wasser 17,5 Th. kohlensaures Natron gesetzt, und diese Lösung über verwitterten und gepülverten Feuerstein gelinde digerirt. Diese Lösung war bräunlich gefärbt und ebenso schwierig, wie die vorige, zum klaren Filtriren zu bringen *). Nach dem Abdampfen blieb ein grauer Rückstand, der aber nach dem Glühen weifs wurde und 0,2 betrug. Wenn auch diese Kieselsäure kaum $\frac{1}{3}$ von der im *Heilbronn* ausmacht: so beträgt sie doch 5 Mal so viel, als die vom reinen Wasser aufgelöste Menge. Es ist also nicht zu bezweifeln, dafs in den an kohlensaurem Natron reichen Mineralquellen die verhältnifsmäfsig gröfseren Quantitäten von Kieselsäure jenem Carbonate zuzuschreiben sind.

Blum **) macht auf das sehr häufige Vorkommen des Feuersteins in knolligen Massen im Meerschaum aufmerksam. Ein solches Exemplar von *Hrubschitz* in *Mähren*, wo sich der Meerschaum in Serpentin findet, zeigt ganz die äussere kugelige Form des Feuersteins. Im Innern befindet sich noch ein Kern von unverändertem Feuerstein, der in Meerschaum übergeht, wie der Quarz in Speckstein. Der fettglänzende, braune, compacte Feuerstein wird matt, lichter von Farbe,

---

*) Der Umstand, dafs die in der Flüssigkeit schwebenden Kieselsäure-Theilchen durch die Poren des Papiers drangen, zeigt, dafs der Quarz durch die Verwitterung äusserst fein zertheilt worden ist. Es ist daher nicht zu bezweifeln, dafs solche feine Theilchen schon in Suspension von den Gewässern fortgeführt werden können.

**) Die Pseudomorphosen S. 126.

ritzbar und geht in die gelblich-weifse, weiche Masse von Meerschaum über. Blum zweifelt nicht an der Umwandlung des Feuersteins in Meerschaum, obgleich, da der Feuerstein amorph ist, die Formen fehlen, welche sie beweisen könnten. Da vollkommen geschlossene Feuersteine vorkommen, deren Inneres mit den schönsten Quarzkrystallen ausgefüllt ist (die Mineralien-Gallerie in *Dresden* besitzt ein ausgezeichnetes Exemplar dieser Art): so könnten vielleicht solche Beweise noch aufgefunden werden.

Da der Meerschaum, wie der Speckstein, aus 1 Atom Kieselsäure und 1 Atom Magnesia besteht und jener nur noch 1 oder 2 At. Wasser enthält: so ist an der Möglichkeit nicht zu zweifeln, dafs eine Varietät des Quarzes, wie der Feuerstein, durch ein wasserhaltiges Magnesiasilicat verdrängt werden kann, und um so weniger, da meine Versuche zeigen, dafs der Feuerstein durch Verwitterung in die lösliche Modification der Kieselsäure übergeht.

Blum *) gedenkt noch einer unbestimmten Angabe v. Amar's vom Vorkommen des Meerschaums in Formen von Kalkspath, bei *Vallecas* unfern *Madrid*, und wirft die Frage auf, ob nicht diese Formen Pseudomorphosen des zweiten Grades sind, indem der kohlensaure Kalk erst vom Chalcedon oder Halbopal, und diese pseudomorphe Form von Meerschaum verdrängt wurde; denn jene kommen an demselben Orte vor. Da es indefs Speckstein-Pseudomorphosen nach Kalkspath giebt (S. 1115), so kann es auch Meerschaum-Pseudomorphosen nach demselben geben.

## Vorkommen des Quarzes und dessen Entstehung.

Wir finden den Quarz 1) als selbstständige Gebirgsmasse, namentlich im Glimmerschiefer, 2) in Gebirgsgesteinen, 3) in Gängen, 4) in Drusenräumen und 5) als Ausscheidung in sedimentären Gesteinen, welche Silicate nicht als wesentliche Gemengtheile enthalten.

---

*) Ebend. S. 258.

In Gebirgsgesteinen kommt er theils krystallisirt, theils amorph, aber noch deutlich mineralogisch erkennbar, theils nur chemisch nachweisbar vor. Findet nämlich die Analyse in einem Gebirgsgesteine oder in der Grundmasse eines solchen eine gröfsere Menge Kieselsäure, als in den an Kieselsäure reichsten Mineralien, in den Feldspathen: so mufs darin freie Kieselsäure vorhanden sein. Die an Kieselsäure reichsten Feldspathe sind Oligoklas, worin 62,64, Orthoklas, worin 65,21, und Albit, worin 69,09 Proc. Kieselsäure enthalten sind. So wie daher in einem Gebirgsgesteine, oder in der Grundmasse eines solchen mehr als 69,09 Proc. Kieselsäure gefunden werden, kann der Ueberschufs nur freie Kieselsäure sein; aber selbst wenn ihre Menge nur 65,21 Proc. übersteigt: so ist schon freie Kieselsäure zu vermuthen, da in Gebirgsgesteinen von solchem grofsen Kieselsäuregehalte meist Orthoklas oder doch in gröfster Menge vorkommt.

Unter den krystallinischen Gebirgsarten sind es Granit, Gneifs, Granulit und Glimmerschiefer, welche stets freie Kieselsäure enthalten. Im Granit kommt der Quarz gewöhnlich amorph, nur selten krystallinisch, im Gneifs, Granulit und Glimmerschiefer nur amorph vor. Die Felsitporphyre (Feldsteinporphyre), die Syenite und die Trachyte sind theils quarzhaltig, theils quarzfrei. Die Felsitporphyre enthalten den Quarz in Körnern oder auch in Krystallen, die Syenite und Trachyte, mit seltenen Ausnahmen, nur im amorphen Zustande (B. II. S. 923).

Als accessorischer Gemengtheil findet sich der Quarz in verschiedenen krystallinischen Gebirgsarten, wie im Talk- und Chloritschiefer u. s. w., und selbst im Melaphyr (B. II. S. 651). Als solcher mufs er sich in allen Gesteinen finden, welche irgend eine Feldspathspecies enthalten, die mehr oder weniger zersetzt worden ist.

Der Quarzfels kommt sehr häufig im Glimmerschiefer in Schichten vor. In seiner gröfsten Reinheit tritt er als krystallinischer Quarz auf. Derselbe wird körnig abgesondert und so bildet sich ein Uebergang bis in das Sandsteinartige, wo abgerundete Körner deutlicher werden. Auf den Ablösungsflächen der gewöhnlich sehr geraden Schichten treten zuerst Glimmerblättchen auf, durch ihr Häufigerwerden ist der Zu-

sammenhang dieses Gesteins mit Glimmerschiefer völlig gegeben. In einzelnen sehr reinen Varietäten bildet dieser mit Glimmerblättchen gemengte Quarzfels den Aventurin. Der Zusammenhang, in welchem der Quarzfels mit offenbar mechanisch abgesetzten quarzigen und Grauwacken-artigen Sandsteinen im nördlichen *Schottland* steht, ist so innig, dafs Macculloch dieses ganze Sandsteingebilde zu den schiefrigen krystallinischen Gesteinen, als zu einer Formation, gerechnet hat. Auf *Garveloch*, einer der *Hebridischen* Inseln, geht der Quarzfels in ein Conglomerat über, dessen Bindemittel zwischen Thonschiefer und quarzigem Glimmerschiefer liegt und abgerundete Stücke von Granit, Quarz und körnigem Kalkstein enthält. Auf den Inseln *Jura* und *Scarba* sind die Uebergänge aus Quarzfels in Conglomerate mannichfacher Art, selbst mit Geschieben von Hornstein, Kieselschiefer und Sandstein, von Thon und Glimmerschiefer nicht selten *).

Der Quarzfels tritt im Glimmerschiefer der höchsten Erhebung des *Ural* auf eine colossale Weise hervor **). Der mit kleinen Glimmerschüppchen gemengte Quarz ragt aus ihm hervor und bildet schroffe Felsenparthien: eine Erscheinung, die sich noch ausgezeichneter und schöner am *Taganai*, einem langen Gebirgsrücken, wiederholt. Hier bildet das mächtige Quarzlager gleichfalls den eigentlichen Kamm und ragt aus dem Glimmerschiefer fast 450 Fufs hoch, wie eine ungeheure Felsenmauer hervor. Offenbar hat früher der Glimmerschiefer eine gleiche Höhe wie diese gehabt, ist aber, da er den Einwirkungen der Atmosphäre mehr unterworfen, an seiner Oberfläche und zur Seite des festeren Quarzes zerstört worden. Der meist schneeweifse Quarz ist nur mit wenigen weifsen Glimmerblättchen gemengt, dann aber stellenweise mit den Farben des Eisenkiesels bräunlichroth oder ochergelb gefärbt und enthält in diesem Falle meist stärkere Glimmer-Einmengungen.

Eine solche 450 Fufs über den Glimmerschiefer hervorragende Felsenmauer giebt einen Begriff von der langen Dauer geologischer Perioden. Welcher Zeitraum war erforderlich,

---

*) De la Beche Geognosie von v. Dechen S. 545.

**) G. Rose Reise u. s. w. II. S. 105.

ehe sich ein Quarzlager von solcher Mächtigkeit gebildet hatte, und welcher war wieder nöthig, bis der Glimmerschiefer von mindestens 450 F. Mächtigkeit weggeführt worden ist? —

Reich an interessanten Quarzlagern ist das Erzgebirge. In der Gegend von *Freiberg* läſst sich ein solches auf eine Länge von ¾ Stunden verfolgen*). Dieser Quarz wird durch beigemengte Glimmerschuppen oft dickschiefrig und hat überhaupt eine recht deutliche Schichtung, welche sich auch da, wo kein Glimmer vorhanden ist, durch eine neblige Farbenstreifung, meist durch Eisenoxyd, bisweilen durch sehr fein eingesprengten Eisenkies hervorgebracht, mehr oder weniger zeigt. Nicht selten umschlieſst auch der Quarz Körner und kleine, sehr lang gestreckte Parthien von Eisenkies, welche einander genau parallel geordnet sind. Das Quarzlager bei *Breitenau* u. s. w. **), ist meist ein sehr glimmerreicher Quarzschiefer. Der silberweiſse grobschuppige Glimmer ist dem Gesteine zwar durchgängig beigemengt, aber auch auf gewissen Structurflächen vorzugsweise concentrirt, wodurch eine ausgezeichnete plattenförmige Schichtung bedingt wird. Dieser Quarzschiefer geht durch Zunahme des Glimmers nicht nur in grobschuppigen Glimmerschiefer, sondern auch durch Aufnahme von Feldspath in Gneiſs über, mit welchen beiden Gesteinen er überhaupt durch seinen ganzen Habitus und seine völlig gleichförmige Schichtung innigst verbunden erscheint. Als eine dem Gneiſse untergeordnete Bildung läſst sich wohl auch das Quarzlager von *Groſs-Olbersdorf****) betrachten, obwohl dasselbe zunächst vom Glimmerschiefer umgeben wird. Der Quarz dieses Lagers erhält durch lagenweise beigemengte Glimmerschuppen oft schieferige Textur. Manche Varietäten sollen ziemlich das Ansehen des Itakolumit haben. Eine ganz eigenthümliche Bildung ist der eisenschüssige Quarzbrockenfels, der sich theils neben dem Serpentin †) fast bis zur gröſsten Höhe fortzieht, theils auch mehrfach im Gebiete des

---

*) Naumann Erläuterungen zu der geogn. Charte des Königreiches *Sachsen* 1838 Heft II. S. 80.

**) Ebend. S. 82.

***) Ebend. a. a. O. S. 83.

†) Ebend. a. a. O. S. 35.

*Erzgebirgischen* Glimmerschiefers, besonders in der Gegend zwischen *Schwarzenberg*, *Scheibenberg* und *Elterlein* vorkommt *). Er ist ein sehr zerklüfteter und zerstückelter, gelber und gelblichbrauner, von feinen Adern krystallisirten Quarzes durchzogener Hornstein. Am *Raschauer Knochen* hat das Quarzbrocken-Gestein das Ansehen einer, aus über einander gestürzten Blöcken und Brocken bestehenden und durch krystallinischen, zuweilen knospigen Quarz verkitteten Breccie. An anderen Stellen, bei *Langenberg* u. s. w. ist Eisenstein und Manganerz ein unmittelbarer Begleiter des Quarzbrockenfels, wodurch, wie Naumann richtig bemerkt, jeder Zweifel über das Zusammengehören beider Bildungen beseitigt wird.

Die Gesteine der Familie des Quarzites, wozu Naumann **), ausser dem Quarzit in seinen verschiedenen Varietäten, den Itakolumit, Greisen, Schörlquarzit und den krystallinischen Quarzsandstein zählt, bestehen gänzlich oder doch hauptsächlich aus krystallinischem Quarz. Im Itakolumit sind die Quarzkörner nicht mit einander verwachsen, sondern hängen durch den elastischen Glimmer zusammen, wodurch das Gestein elastisch wird (Gelenkquarz).

Der krystallisirte Quarz findet sich in manchen Sandsteinformationen, und bildet darin Schichten und ganze Schichtensysteme aus lauter krystallinischen Quarzkörnern, ja zuweilen aus vollständig ausgebildeten oder doch nur in ihren gegenseitigen Berührungsflächen gestörten Quarzkrystallen. Selbst die, wegen des gegenseitigen Gedränges, nur als Körner ausgebildeten Individuen zeigen häufig die Rudimente einzelner Krystallflächen. Sogar die losen Sandablagerungen der Braunkohlenformation bestehen zuweilen aus ganz krystallinischen Quarzkörnern ***).

Eine sehr grofse Verbreitung hat die Kieselsäure in den

---

*) Ebend. a. a. O. S. 204 und Freiesleben Magazin H. II. S. 76 ff.

**) Lehrb. d. Geognosie B. I. S. 545 ff.

***) Naumann bemerkt bei dieser Gelegenheit, wie dadurch die schon von Voigt, zum Theil auch von Deluc und Saussure aufgestellte Ansicht, dafs vieler Quarzsand aus einer chemischen Auflösung der Kieselsäure durch Krystallisation entstanden, ihre völlige Bestätigung findet.

Sandsteinen. Kleine Quarzkörner sind durch verschiedene Cemente zu einem mehr oder weniger festen Gestein zusammengekittet. Das Cement ist bald Kieselsäure, bald kohlensaurer Kalk, bald Eisenoxyd, bald Eisenoxydhydrat, bald Thon, manchmal auch Eisenkies. In den Fucoidensandsteinen besteht es, nach Zeuschner *), aus kohlensaurem Kalk, kohlensaurem Eisenoxydul und wenig kohlensaurer Magnesia (8,75 Proc.) und in einem von Schafhäutl **) untersuchten Sandsteine grofsen Theils aus kohlensaurem Eisen- und Manganoxydul mit nur sehr wenig kohlensaurem Kalke. Zu *Klein-Augesd* bei *Teplitz* findet sich, nach Breithaupt ***), unmittelbar über der Braunkohle ein 4 bis 6 Zoll mächtiges, aus Quarzgeröllen bestehendes Flötz, welches durch Eisenkies zu einem Conglomerat verkittet ist. Dieser Eisenkies ist ohne Zweifel an Ort und Stelle entstanden. Das Eisenoxydhydrat, welches das Cement mancher Sandsteine ist, mag sich in manchen Fällen aus zersetztem Eisenkies gebildet haben †).

Es ist klar, dafs alle Sedimente, welche für sich aus Gewässern entstehen, auch Bindemittel für Quarzkörner werden können.

Die Quarzkörner in den Sandsteinen sind bald grob, bald fein, erbsengrofs bis mikroskopisch klein, oft scharfeckig ohne deutliche Spuren von Abschleifung. In manchen sehr reinen Sandsteinen, z. B. im Quadersandsteine im *Tharander*

---

*) N. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1843 S. 166.

**) Ebend. 1846 S. 665. Bemerkenswerth und dem oben (S. 1153 ff.) angeführten Umstande entsprechend ist, dafs Schafhäutl in mehreren der von ihm untersuchten Sandsteine keine kohlensaure Magnesia fand.

***) Paragenesis S. 23 und 47.

†) Breithaupt erwähnt einer solchen künstlichen Bildung eines Sandsteins auf einer Halde bei *Freiberg*. Nach der Aufschüttung eines feinen Waschsandes zersetzt sich nämlich der darin enthaltene Eisenkies zu Eisenoxydhydrat, welches seit 35 Jahren den Quarzsand zu einem Sandstein zusammenkittet, der in Handstücken von einem natürlichen eisenschüssigen Sandsteine nicht zu unterscheiden ist. In den Sprüngen des Waschschlammes eines fast ausgetrockneten Teiches bildet sich dermalen ein Brauneisenerz-Gang.

*Walde* in *Sachsen* (Breithaupt) sind sie krystallinisch. Es ist überhaupt beachtenswerth und schon von Gerhard *) hervorgehoben worden, dafs die Quarzkörner sehr vieler Sandsteine mehr eckig als abgerundet sind, und aus ganz klarem und fast farblosem Quarz bestehen. Da diefs beim Quarz der Granite und Gneifse nur selten der Fall ist: so scheinen die Quarzkörner in jenen Sandsteinen nicht von diesen zerstörten Gebirgsgesteinen herzurühren, sondern aus aufgelöster Kieselsäure entstanden zu sein. Einen solchen Ursprung, und zwar durch organische Thätigkeit, haben die von Schafhäutl **) untersuchten Quarzkörner aus amorpher Kieselsäure in einigen Sandsteinen. Sie sind klümperig, eckig, theils undurchsichtig und matt, gleichsam wie mit Mehl bestreut, theils durchscheinend und muschlig im Bruche, theils durchsichtig und dann glänzend und oft schön roth oder grün gefärbt, welche Farben von eingeschlossenen Infusorien herrühren sollen. In manchen Sandsteinen ist die amorphe Kieselsäure in kleinen, keilförmigen Splittern ausgebildet, wie sie manchmal entsteht, wenn gelatinöse Kieselsäure, in einer Masse an den Wänden des Glases fest hängend, sich beim Austrocknen zusammenzieht. Ein Marmor von *Neubeuern* enthält, nach Schafhäutl, 10 Proc. einer Kieselsäure-Abscheidung als grobkörnigen Sand, durch Korallen (?) bewirkt, und so ähnlich dem gewöhnlichen Sande, dafs man vermuthen möchte, vieler Sand sei auf ähnliche Weise entstanden.

Gröfsere Quarzmassen, eckige Bruchstücke oder Geschiebe und Gerölle von Quarz, Kieselschiefer oder Feuerstein sind durch kieseliges, eisenschüssiges, thonschieferartiges oder thoniges Cement zu mehr oder weniger festen Breccien oder Conglomeraten zusammengekittet (Braunkohlensandstein u. s. w.). Von ungeheurer Verbreitung ist endlich die Kieselsäure in den Quarzgeschieben und im Quarzsande.

In der mächtigen Grauwackenformation kommt der Quarz in eckigen oder abgerundeten Körnern und in kleinen Brocken durch ein, wesentlich aus Thon und Kieselsäure bestehendes Bindemittel verkittet vor. Im Thonschiefer finden sich auch

*) Abhandl. d. Berl. Akad. 1816 und 1817. S. 13.

**) A. a. O. S. 648 ff.

mikroskopische Quarzkörnchen, und wo diese nicht vorkommen, zeigt ein hoher Kieselsäuregehalt die Gegenwart freier Kieselsäure an. Dasselbe gilt vom Schieferthon.

Der Kieselschiefer, welcher am häufigsten Uebergänge in Quarzit, Thonschiefer und Alaunschiefer zeigt, ist wohl meist nichts anderes, als ein durch Kieselsäure-haltige Gewässer verkieselter Thonschiefer. Die Kieselsäure steigt darin, nach Du Menil *) bis zu 96—97 Proc. Der Hornfels (von *Achtermannshöhe* auf dem *Harz*) mit seinen 73,3 Proc. Kieselsäure ist wohl ebenfalls ein verkieselter Thonschiefer. Im Kieselschiefer sind weifse Quarzadern sehr characteristisch. Auf noch später entstandenen Zerklüftungen, unmittelbar oder nahe am Tage, erscheinen häufig phosphorsaure Verbindungen, wie Wavellit und Kalait **): ohne Zweifel Infiltrationsproducte, wovon das Material im ursprünglichen Thonschiefer vorhanden war (B. I. S. 693. 694 u. 719).

Gangförmig tritt die Kieselsäure überaus häufig auf. Quarzgänge finden sich im Granit, Gneifs, Glimmerschiefer, Diorit, Aphanit und Serpentin, und in denselben auch Bergkrystalle, seltener Amethyst. Bergkrystalle kommen auch auf Erzgängen im Granit, Gneifs, Glimmerschiefer und Dioritporphyr, auf Zinnerzgängen und auf Magneteisen-Lagerstätten vor. Keine sedimentäre Formation wird von Quarzgängen und Quarzadern, von fufsgrofser Mächtigkeit bis zur Papierdicke, mehr durchsetzt, als die Grauwacke und der Thonschiefer. (B. II. S. 302). Der Quarz in diesen Gängen ist amorph; nur in deren Drusenräumen und auf Erzgängen ist er krystallisirt.

Opal findet sich in regellosen Gängen und Adern oder nesterweise in trachytischen Gesteinen und im Serpentin; in sedimentären Gesteinen wurde er bis jetzt nur im Taunusschiefer in der Umgegend von *Wiesbaden* ***) angetroffen. Chalcedon kommt in Schnüren im Porphyr und auf Erz- und Barytspathgängen, Achat auf Gängen im Gneifs, Jaspis in Gängen verschiedener Gebirgsarten vor.

---

*) Schweigg. Journ. B. XXVIII. S. 238 und B. XXIX. S. 160.

**) Breithaupt Handb. d. Min. B. III. S. 686.

***) F. Sandberger in Jahrb. d. Vereins f. Naturkunde H. VI. S. 6.

Eine reiche Fundgrube von kieseligen Bildungen sind die Drusenräume und Höhlungen (Krystall-Keller oder Gewölbe) *). Die Bergkrystalle finden sich in solchen Räumen im Granit, Gneifs, Glimmerschiefer, Zirkonsyenit, in Porphyrkugeln, im Serpentin und in Blasenräumen von Mandelsteinen. In letzteren kommen auch Amethyst, Achat, Opal, Chalcedon, Kacholong, Karniol und Heliotrop vor. Hyalith findet sich auf Klüften und in Blasenräumen von Dolerit, in Drusen von Basalt, Trachyt, Porphyr, als Ueberzug auf zersetztem Serpentin, in Blasenräumen von Lava, tropfsteinartig auf Thonschiefer und auf Erzgängen.

Da unzweifelhaft alle kieseligen Bildungen in Gängen und Drusenräumen vom Nebengestein herrühren **): so müssen dieselben in einer bestimmten Beziehung zu den Gemengtheilen des Nebengesteins, deren Zersetzungsproducte sie sind, stehen. Den gemeinen amorphen Quarz und die Bergkrystalle finden wir in Gängen und Drusenräumen aller Gesteine, sowohl der krystallinischen als der sedimentären. Es ist jedoch nicht zu verkennen, dafs diese wasserfreien kieseligen Bildungen vorzugsweise im Granit, Gneifs und Glimmerschiefer und Thonschiefer concentrirt sind. Von den übrigen kieseligen Bildungen, und namentlich vom wasserhaltigen Opal, ist ein Vorkommen in diesen Gesteinen, mit Ausnahme auf Gängen im Glimmerschiefer von *Bleistadt* in *Böhmen*, und in Klüften des vorhin genannten Taunusschiefers, nicht bekannt. Dagegen sind die trachytischen Gesteine die Hauptfundorte der Opale. Sind es vorzugsweise die Feldspathe, deren Zersetzung die Kieselsäure zu den kieseligen Bildungen in Gängen und Drusenräumen liefert: so müssen wir vermuthen, dafs sich aus dem glasigen Feldspath, dem Hauptgemengtheil des Tra-

---

*) In den Krystallgewölben der *Schweizer* Alpen finden sich Quarzkrystalle von ausserordentlicher Gröfse und in grofser Menge. Der *Zinkenberg* an der *Grimsel* lieferte einmal 100 Centner Bergkrystalle. Am *Kreuzlistock* soll eine Säule von 1400 Pfd. gefunden worden sein. Breithaupt a. a. O. S. 678.

**) Breithaupt (Paragenesis S. 266) macht aufmerksam, dafs der Quarz in Gangformationen, welche in Gebirgsgesteinen aufsetzen, die nicht selbst aus Quarz und Silicaten oder blofs aus Silicaten zusammengesetzt sind, fast gänzlich fehlt.

chyt, bei seiner Zersetzung eine zur Opalbildung besonders geeignete Kieselsäure ausscheidet, während die aus der Zersetzung des Orthoklas im Granit, Gneiſs u. s. w. oder der Orthoklas-Reste in der Grauwacke und im Thonschiefer hervorgegangene Kieselsäure meist als amorpher Quarz oder als Bergkrystall abgesetzt wird.

Zu den sedimentären Gesteinen, welche Silicate nicht als wesentliche Gemengtheile, und doch manchmal ausgeschiedenen Quarz enthalten, gehören die Kalksteine, die Mergellager und der Gyps.

Quarz findet sich in manchen körnigen Kalksteinen nicht so gar selten. In den gemeinen Kalksteinen sind Kugeln, Nieren und Nester, Drusen und Trümmer von Quarz, Hornstein oder Feuerstein eine sehr gewöhnliche Erscheinung. Im Jurakalk bei *Eichstädt* haben die Hornsteinkugeln zum Theil eine bedeutende Gröſse und auf deren Klüften zeigt sich krystallisirter Quarz. Auch im Süſswasserkalkstein kommen Nester und Trümmer von Hornstein und Feuerstein vor. In einem mergelichen bis dichten Kalksteine bei *Pforzheim* trifft man sehr deutliche scharfkantige und selbst bis Fingerglied groſse Quarzkrystalle an, welche meist etwas Schwefel einschlieſsen. In einem Mergel bei *Pösneck* in *Thüringen* findet man Millionen von sehr kleinen aber äusserst scharfkantigen Quarzkrystallen. Auf den Feldern von *Hovinia Krieska* in *Gallizien* liegen viele lose durchsichtige Bergkrystalle. Im Gyps (*Gräfintonna* in *Thüringen*, *St. Iago di Compostella* in *Spanien*) kommen Quarzkrystalle vor *).

Der Kieselkalkstein ist mit Kieselsäure sehr stark imprägnirt, und umschlieſst auch Nester, Trümmer und Adern von Hornstein oder Chalcedon, die zum Theil allmälig in die umgebende Gesteinsmasse verflieſsen. In anderen kieseligen Kalksteinen tritt die Kieselsäure gar nicht sichtbar hervor, sondern giebt sich nur durch eine bedeutende Härte und durch schwierige Zersetzbarkeit des Gesteins zu erkennen. Dahin gehört der Plänerkalkstein von *Klotzcha* bei *Dresden*, welcher nach Stöckhardt 22 bis 48 Proc. Kieselsäure enthält.

---

*) Breithaupt Paragenesis S. 27 und 43.

Es fehlt nicht an Angaben wirklich beobachteter Bildungen von Quarzkrystallen aus wässrigen Flüssigkeiten. Spallanzani *) bemerkt, dafs die schönen Bergkrystalle in den Höhlungen des carrarischen Marmors sich noch fortwährend bilden, und zwar aus einer rein sauren Flüssigkeit. Ripetti **) erzählt, dafs beim Oeffnen einer drusigen Höhlung 1½ Pfd. von einer solchen Flüssigkeit gefunden wurde, und unter den festen Krystallen eine weiche Masse von Faustgröfse war, welche an der Luft zu einer dem Chalcedon ähnlichen Masse erhärtete. Northrop fand in einem Hornstein eine milchige Flüssigkeit eingeschlossen, die, weil es ein sehr heifser Tag war, rasch verdunstete und aus welcher, selbst unter den Augen des Beobachters, sich eine weifse, schwammige kieselige Masse und kleine prismatische Quarzkrystalle ausschieden. In einem aus Hornstein und Chalcedon bestehenden Geschiebe fand er gleichfalls einen solchen schwammigen, noch feuchten und sehr weichen, knetbaren Kieselsäure-Absatz, aus welchem nach schnellem Eintrocknen bei sehr heifser Witterung wenige Krystalle anschossen. Höhlungen mit einer solchen schwammigen Masse, mit eingemengten kleinen prismatischen Krystallen, wurden in vielen andern Geschieben beobachtet. Eli Whitney fand in Höhlungen von Agatkugeln aus einem Mühlendamme gleichfalls eine weifse milchige Flüssigkeit ***). Schafhäutl †) sah aus Wasser, worin er im Papinischen Topfe frisch gefällte Kieselsäure aufgelöst hatte, beim Verdunsten schon nach 8 Tagen mikroskopische, sechsseitige Prismen mit sechsflächiger Zuspitzung entstehen.

Wenn jene Mittheilungen nicht Mystificationen sind, wofür man sie, da sie sich so oft wiederholen, wohl nicht halten kann: so geben sie zu folgenden Bemerkungen Anlafs.

Sowohl jene weichen kieseligen Massen, als die in Drusenräumen vorkommenden Quarzbildungen können sich unmöglich aus einer Flüssigkeit gebildet haben, womit ein einziges Mal die hohlen Räume erfüllt worden waren; denn da-

*) *Edinburgh* philos. Journ. V. VIII p. 191.

**) Sopra l'Alpe Apuana e i Marmi di Carrara 1811.

***) Silliman's Journ. u. Brewster's Journ. B. II. S. 140.

†) A. a. O.

für ist, im Verhältnisse zum Volumen dieser Räume, ihre Masse viel zu grofs, und die Löslichkeit der Kieselsäure im Wasser viel zu gering. In den Mandelsteinen sind bekanntlich gar nicht selten die Drusenräume ganz oder fast ganz mit den kieseligen Bildungen erfüllt. Angenommen ein, in einen Drusenraum filtrirendes Wasser enthalte, wie die sogenannte Stahlquelle zu *Roisdorf*, $\frac{1}{10000}$ Kieselsäure: so mufs von einem solchen Wasser nach und nach 10000 Mal so viel in den Drusenraum gelangen und darin verdunsten, als das Volumen der kieseligen Bildungen in demselben beträgt *). Verdunstet das Wasser im Drusenraume eben so schnell oder noch schneller, als es in ihn tropft: so geht die aufgelöste Kieselsäure in der kürzesten Zeit in den festen Zustand über. Verdunstet aber das Wasser langsamer: so scheidet sich die Kieselsäure, wenn es dazu kommt, in der wässrigen Flüssigkeit aus. Kommt sie aus Gewässern, welche sie aus zersetztem Labrador aufgenommen haben, durch Verdunstung in demselben Zustande zur Abscheidung, wie bei Behandlung desselben mit Säuren: so wird sie theils als schleimiges Pulver, theils als schleimige Masse erscheinen (S. 1221). Zum Austrocknen der ausgeschiedenen Kieselsäure kann es unter den vorausgesetzten Bedingungen, dafs mehr Wasser zutropft, als verdunsten kann, natürlich nicht kommen; es sei denn, dafs sich die Zuführungs-Canäle durch Absatz von kieseligen Bildungen verstopfen. Dafs völliges Eintrocknen eines Wassers, welches Kieselsäure aufgelöst enthält, zur Abscheidung der Kieselsäure nicht unumgänglich nöthig ist, hat der B. I. S. 964 angeführte Versuch gezeigt.

Nach diesen Betrachtungen kann es nicht befremden, in Höhlenräumen Flüssigkeiten mit weichen Kieselsäure-Massen, oder milchige Flüssigkeiten zu finden. Da in solchen Räumen, in denen kein oder doch nur ein sehr beschränkter Luftwechsel statt findet, die Verdunstung nur äusserst langsam vor sich gehen kann: so wird beim Oeffnen derselben und in freier warmer Luft durch die nunmehr rasch eintretende Ver-

---

*) Ein solcher bedeutender Kieselsäure-Gehalt gehört indefs zu den grofsen Seltenheiten; meist müssen daher viel gröfsere Quantitäten Wassers in den Drusenräumen verdunsten.

dunstung die weiche Masse erhärten. Ist in einer solchen Flüssigkeit krystallisirbare Kieselsäure aufgelöst und hat sich die Auflösung durch Verdunstung nach und nach bis zur Sättigung concentrirt: so ist begreiflich, wie beim Oeffnen des Drusenraums Bergkrystalle ebenso herauskrystallisiren werden, wie irgend ein im Wasser gelöstes Salz unter ähnlichen Umständen krystallisirt. Ein blofs milchiger Zustand einer Flüssigkeit in Drusenräumen zeigt schon den Sättigungszustand an. Die darin schwebenden Kieselsäure-Partikelchen sind aber höchst wahrscheinlich amorph, und geben daher nach dem Eintrocknen entweder Chalcedon oder Opal. Ist aber neben dieser amorphen Kieselsäure auch krystallisirbare vorhanden: so wird, wenn die Flüssigkeit an die Luft kommt, durch die raschere Verdunstung jene sich verdichten und diese herauskrystallisiren. Die von Ripetti und Northrop angeführten Erscheinungen weisen das gleichzeitige Vorhandensein von amorpher und krystallisirbarer Kieselsäure nach; sie sind daher in Uebereinstimmung mit dem gleichzeitigen Vorkommen von amorphen kieseligen Bildungen und von Quarzkrystallen in denselben Drusenräumen.

Es kann nicht bezweifelt werden, dafs die Bildung der grofsen und ausgezeichneten Quarzkrystalle, welche sich gerade in Drusenräumen finden, von der äusserst langsamen Verdünstung des Wassers in diesen Räumen abhängt; denn es ist ein allgemeines Gesetz, dafs aus jeder Auflösung um so vollkommnere und um so gröfsere Krystalle anschiefsen, je langsamer die Verdunstung erfolgt. Daher pflegt man, um solche Krystalle zu erhalten, die Salzlösungen nicht in der Hitze, sondern in gewöhnlicher Temperatur abzudampfen. Man würde sie noch gröfser erhalten, wenn man die Natur nachahmte, und die Salzlösungen in Gefäfse brächte, in denen die Verdunstung durch theilweises Verschliefsen sehr beschränkt würde. In unseren chemischen Laboratorien bilden sich auch manchmal ungewöhnlich grofse Krystalle, wenn Salzlösungen in Gläsern, deren Glasstöpsel nicht vollkommen luftdicht schliefsen, lange aufbewahrt werden. Auf diese Weise erhielt ich aus einer Kochsalzlösung, welche mehrere Jahre in einem solchen Gefäfs stehen blieb, einen 1 Zoll grofsen Kochsalzkrystall.

Die in Drusenräume gelangenden Gewässer sind wohl niemals ganz reine Lösungen von Kieselsäure. Selbst wenn sie ganz frei von Salzen sind, so ist doch kaum jemals die Kieselsäure als solche, sondern mit Basen verbunden vorhanden (B. I. S. 769). Nach der Ausscheidung der Kieselsäure bleiben daher theils Salze, theils Basen, wahrscheinlich mit geringen Antheilen Kieselsäure verbunden, in der Mutterlauge zurück. Wenn das in einen Drusenraum gelangende Wasser nur durch Verdunstung entweichen kann: so müssen nothwendig jene Stoffe zurückbleiben und sich endlich nach gänzlichem Eintrocknen ausscheiden. So wasserdicht ist aber wohl nie das den Drusenraum einschliefsende Gestein, dafs nichts vom Wasser abfliefsen könnte. Es kann auch nicht so wasserdicht sein, da ja das Eindringen des Wassers voraussetzt, dafs die obere Begrenzung des Drusenraums porös ist; mithin wird es auch die untere Begrenzung sein. Da man noch nie einen Krystall irgend eines in Quellwassern vorkommenden, leichtlöslichen Salzes, z. B. das in demselben kaum je fehlende Kochsalz auf kieseligen Bildungen in Drusenräumen gefunden hat: so zeigt diefs den Abflufs der Mutterlauge und mithin die Porosität des Gesteins auch in der unteren Begrenzung der Drusenräume.

Flüssigkeiten in Drusenräumen, worin kieselige Bildungen vorkommen, müssen aber Salze enthalten; denn in solchen noch nicht abgeflossenen Mutterlaugen haben sich die leichtlöslichen Salze der Gewässer concentrirt. Wenn indefs Spallanzani und Ripetti von rein sauren Flüssigkeiten sprechen: so kann diefs nur eine Mystification sein. Welche Säure könnte in Höhlungen eines körnigen Kalksteins gedacht werden? — Würde nicht, wenn in Gewässern, gegen alle Erfahrung, ursprünglich irgend eine andere freie Säure, als Kohlensäure vorhanden gewesen wäre, dieselbe vom kohlensauren Kalk, durch welchen die Gewässer gedrungen sind, absorbirt worden sein? — Entweder haben jene Naturforscher diese Mittheilung von Arbeitsleuten entnommen, welche, wie so häufig, Salzgeschmack mit saurem Geschmack verwechseln, oder die, von dem trefflichen schwedischen Chemiker Bergman versuchte Darstellung von Quarzkrystallen aus einer Auflösung der Kieselsäure in Flufssäure hat

sie zu der Vermuthung geführt, dafs die Kieselsäure nur dieses einzige Auflösungsmittel habe.

Nach dem Vorstehenden ist die Möglichkeit einer künstlichen Darstellung von Bergkrystallen nicht zu bezweifeln. Wir dürfen nur, die Vorgänge in der Natur nachahmend, eine wässrige Lösung von Kieselsäure in ein poröses Gestein einschliefsen, wodurch die Verdunstung sehr beschränkt wird, und es wird gewifs gelingen. Durch eine ausserordentlich langsame Verdunstung einer solchen sehr verdünnten Lösung scheint es auch wirklich schon gelungen zu sein. Siegling *) bemerkte nämlich in einer Kieselfeuchtigkeit mit Ueberschufs von Alkali, die stärker als gewöhnlich mit Wasser verdünnt und acht Jahre lang der Luft ausgesetzt war, Gruppen von vierseitigen Pyramiden, die vollkommen durchsichtig und so hart waren, dafs sie mit dem Stahle Funken gaben, und von Säuren nicht angegriffen wurden.

Wenn wir die Schwierigkeiten überwinden, bei Gegenwart von Carbonaten in süfsen Quellwassern, die Basen, woran die Kieselsäure gebunden ist, zu ermitteln; wenn sich ergeben sollte, dafs die Kieselsäure auch im freien Zustande in solchen Quellwassern vorhanden sein kann: so werden unsere Vorstellungen von den Vorgängen in Drusenräumen beim Absatze kieseliger Einschlüsse noch klarer werden (B. I. S. 348). Wir erinnern daran, dafs Pagenstecher und Müller solche Ermittelungen von Kalksilicaten schon unternommen haben (B. I. S. 346). Nehmen Gewässer, welche atmosphärische Kohlensäure enthalten, Bestandtheile aus dem Labrador der Mandelsteine auf: so mag sich unter diesen freie Kieselsäure befinden. Sind aber diese Gewässer frei von Kohlensäure, wie sie es sein müssen, wenn sie einen langen Weg in den Mandelsteinen zurückgelegt haben, wodurch ihre Kohlensäure zur Bildung von Carbonaten verwendet worden ist: so ist nicht anzunehmen, dafs sie die Silicate des Labradors, namentlich die alkalischen und die Kalksilicate, zersetzen und sich der Kieselsäure allein bemächtigen. Solche Gewässer lösen gewifs die Kieselsäure mit Alkalien und Kalk verbunden

*) Lehrb. d. Chemie von Wolff 1821. B. II. S. 179 u. Handb. d. theoret. Chemie von L. Gmelin 1827. B. I. S. 734.

auf, und die Abscheidung der letzteren in den Drusenräumen erfolgt erst nach dem Absatze der Silicate und nach dem Eintrocknen derselben. Da der oben (S. 1223 und 1224) beschriebene Versuch schon einen Absatz von Kieselsäure aus einer nicht eingetrockneten Lösung von kieselsaurem Natron zeigt, da sich, nach Siegling, selbst in einer Kieselfeuchtigkeit, welche überschüssiges Alkali enthielt, Quarzkrystalle gebildet hatten: so werden sich auch nach dem Eintrocknen eines alkalischen Silicats in einem Drusenraume kieselige Bildungen, theils amorphe, theils krystallinische, abscheiden.

Der geringe Gehalt an Alkalien in kieseligen Bildungen (S. 1224) und an Kalkerde und Magnesia in Opalen (S. 1236) zeigt die Reste der Basen, womit die Kieselsäure verbunden war. Es ist, wie wir schon angedeutet haben, sehr wahrscheinlich, dafs die Silicate, nach ihrem Absatze, in zwei verschiedene Verbindungen zerfallen: in eine höchst schwerlösliche aus sehr viel Kieselsäure und sehr wenig Base, und in eine leichtlösliche aus sehr wenig Kieselsäure und sehr viel Base. Jene bleibt zurück, diese wird in der Mutterlauge fortgeführt. Letztere finden wir in Quellen und wir werden sie wahrscheinlich stets in solchen Quellen finden, welche aus Gesteinen entspringen, worin jetzt noch kieselige Absätze erfolgen.

Auf die Bildung der kieseligen Einschlüsse in den Drusenräumen kommen wir im letzten Kap. dieses Werkes noch einmal zurück. Wir werden dann sehen, auf welche Weise die Verdunstung des Wassers in diesen Räumen, die nothwendige Bedingung aller Absätze in denselben, statt findet.

Quarzkrystalle, welche Kerne anderer Färbung enthalten, oder von schaliger Zusammensetzung sind, haben sich gewifs nach und nach und mit Unterbrechung zu ihrer jetzigen Gröfse ausgebildet. So lassen sich im grauen Quarze von *Montepulciano* in *Toscana*, nach Breithaupt *), vier Bildungsperioden in seinem Innern nachweisen. Aller so genannte Haubenquarz gehört hierher. Sillim **) beschreibt einen

*) Handb. d. Mineral. B. III. S. 667.

**) N. Jahrb. f. Mineral. u. s. w. 1848. B. 110.

Quarzkrystall, in welchem ein anderer kleinerer eingeschlossen ist. Zwischen beiden hat sich Chlorit abgelagert: ein Beweis, dafs die Bildung des äusseren nicht in ununterbrochener Folge mit der des inneren stattfand. In einem grofsen Krystall von *Schemnitz* in *Ungarn* erscheint ein kleiner, sehr scharfer, die sechsseitige Säule, an beiden Enden mit der Pyramide, ganz frei liegend. Nichts kann mehr für eine successive Bildung der Quarzkrystalle überhaupt, und daher auf nassem Wege sprechen, als solche Erscheinungen.

In Breithaupts Paragenesis ist eine frei stehende Quarzdruse aus *Graubünden* abgebildet, in welcher einzelne Bergkrystalle gebogen erscheinen. Da, wie Breithaupt bemerkt *), die Krystalle nicht mit krummen Achsen krystallisiren, da ferner solche Krümmungen auch gewöhnlich mit wirklichen Zerbrechungen vorkommen: so müssen jene Krystalle, als sie nach ihrer Bildung noch nicht völlig starr und spröde, sondern noch gleichsam knetbar waren, gewaltsame Biegungen erlitten haben.

Uns scheint, dafs mit der Bildung eines Krystalls auch seine Härte, Sprödigkeit, kurz alle seine physikalischen Eigenschaften gegeben sind. So verhält sichs wenigstens bei den künstlichen Krystallisationen in unsern Laboratorien, und es ist kein Grund vorhanden, andere Verhältnisse in der Natur anzunehmen. Wir haben die Bildung der Quarzkrystalle mit der der Gypskrystalle auf Dornsteinen verglichen (B. II. S. 1056). Sie kann nicht anders als durch Juxtaposition der Molecüle erfolgen, und da die Krystallisation gröfserer Quarzkrystalle mindestens Zeiträume von Jahrhunderten fordert: so könnten solche Krystalle unmöglich so lange in einem knetbaren Zustande verbleiben **). So lange als keine Störungen

---

*) S. 11.

**) Schafhäutl (n. Jahrb. f. Min. 1845. S. 859) führt an, dafs man in einem Blocke *Carrarischen* Marmors einen Höhlenraum fand, worin ein faustgrofser Bergkrystall safs, welcher so teigig elastisch war, dafs er jede Form und Eindrücke annahm, später aber fest und undurchsichtig wurde, wie diefs, nach Versicherung der Arbeiter, öfter vorkommen soll. Wenn Schafhäutl diesen teigig elastischen Bergkrystall nicht selbst gesehen hat: so müssen wir eine solche Entdeckung stark bezweifeln.

eintreten, werden die Quarzkrystalle, wie jene Gypskrystalle, ihre Achsen-Richtung beibehalten. Wenn aber etwa ein Quarzkrystall in senkrechter Richtung sich bildet und bei seiner fortschreitenden Bildung auf andere, schiefstehende Quarzkrystalle trifft: so wird er, wenn die Bedingungen zu seiner Fortbildung, nämlich herabtröpfelnde Gewässer, fortdauern, gewifs eben so seine Richtung verändern, wie ein Baum, der während seines Wachsthums auf Hindernisse, etwa auf einen andern schiefstehenden Baum stöfst. Dafs solche gekrümmte Quarzkrystalle zu den seltenen Erscheinungen gehören müssen, ist klar; denn meist wird es geschehen, dafs derjenige Krystall, welcher einem andern über den Kopf wächst, gleichsam wie ein Regenschirm die herabtröpfelnden Wassertropfen auffängt und, diesem entziehend, dessen Fortwachsen hindert. Wirklich scheint es nach jener Abbildung, dafs andere Krystalle, deren Achsen theils wagrechte, theils schiefe Richtungen hatten, es waren, welche die Biegungen der an denselben aufwachsenden Krystalle veranlafst haben. Wir sind daher der Ansicht, dafs diese von Breithaupt beschriebenen gekrümmten Quarzkrystalle in die Kategorie der von ihm angeführten gestörten Krystallisationen gehören.

Ueberblicken wir das Vorkommen des krystallisirten Quarzes: so tritt uns ein sonderbarer Contrast entgegen. In krystallinischen Gebirgsgesteinen findet er sich verhältnifsmäfsig selten und nie in grofsen Krystallen. Amethyste kommen darin nie vor. Sind jene Gesteine, nach der Ansicht der Plutonisten, pyrogenetische Bildungen: so scheint die Natur nicht die Kunst zu verstehen, auf diesem Wege grofse Krystalle zu bilden. Ist aber die Bildung eines Granit auf feuerflüssigem Wege überhaupt möglich: so waren in einer erstarrenden Masse von mächtigem Umfange die günstigsten Bedingungen für eine Bildung grofser Quarzkrystalle gegeben; denn hier würde die Erstarrung ausserordentlich langsam von Statten gegangen sein. Noch so mächtige Granitgänge würden selbstredend bei weitem schneller erstarren, wenn ihre Gangmassen im feuerflüssigen Zustande aus der Tiefe aufgestiegen wären, als grofse Granitgebirge; gleichwohl finden wir in den Drusenräumen derselben Quarzkrystalle, und zwar die gröfsten (B. II. S. 1057 und 1058), während sie dem Ge-

birgsgranit in der Regel fehlen. So lange nicht die Plutonisten dieses Räthsel lösen, können sie nicht einmal von der Möglichkeit einer Bildung von krystallisirtem Quarz sprechen. Sie können es aber sehr einfach lösen, wenn sie endlich zur Ueberzeugung kommen, dafs noch nie der kleinste Quarzkrystall auf pyrochemischem Wege entstanden ist.

Es ist so leicht, überall die Unmöglichkeit einer solchen Bildung nachzuweisen, dafs es wahrlich zu den unbegreiflichen Dingen gehört, wie die Vorstellung von einer solchen Bildungsart bei Mineralogen, durch deren Hände so oft Bergkrystalle gehen, welche die offenkundigen Kennzeichen ihrer nicht pyrogenetischen Entstehung an sich tragen, auch nur für einen Augenblick hat auftauchen können.

Was von der Bildung der Bergkrystalle gilt, hat Bezug auf alle Quarzbildungen. Nach B. I. S. 818. zerfällt der Feldspath bei gänzlicher Zersetsung in 43,5 Proc. Kieselsäure und in 40 Kaolin. Beide Zersetzungsproducte sind sich daher nahe gleich. Eben so viel als die durch Zersetzung des Feldspaths entstandenen Thonablagerungen ausmachen, betragen demnach die durch diesen Procefs ausgeschiedenen Quantitäten Kieselsäure: jene, die wir vor Augen haben, sind daher das Maafs für diese.

Diejenigen, welche gewohnt sind, das was in wässriger Lösung aus den Gesteinen fortgeführt wird, für gering zu achten, brauchen also nur ihr Augenmerk auf die mächtigen Thonablagerungen in den Thälern zu richten, und sie werden anderen Sinnes werden. Sie müssen sich umsehen nach Quarzlagern, die eben so mächtig sind, wie die Thonlager und sie finden dieselben, wie wir gesehen haben. Es ist mithin eine Nothwendigkeit, dafs nicht blofs die Quarzadern im Gebirgsgesteine, sondern auch die bei weitem bedeutenderen Quarzlager Absätze aus Gewässern sind, und keine zeigen das Gepräge solcher Absätze mehr, als die im *Erzgebirge*. In den Anschwemmungen der Flüsse finden wir neben den mächtigen Thonlagern selten und doch nur unbedeutende Kieselsäure-Absätze; denn der Quarzsand und die Quarzgerölle, welche mit den Thonlagern wechseln, und Ablagerungen von Quarzbildungen aus den Gebirgsgesteinen sind, gehören nicht

hierher. Bei weitem der gröfste Theil der Kieselsäure, welche ein Aequivalent der Thonablagerungen ist, gelangt daher im aufgelösten Zustande in das Meer. Hier liefert sie nicht blofs das Material für kieselige Bildungen durch organische Thätigkeit, sondern höchst wahrscheinlich auch für die, durch Verdrängung vorhandener Absätze entstehenden Quarzablagerungen; denn das ist das Bewunderungswerthe in den Bildungen des Mineralreiches, dafs da, wo sich nicht durch Verdunstung des Wassers das Aufgelöste aus dem Meere abscheiden kann, Verdrängungsprocesse die Abscheidung bewirken. Brauchen wir noch daran zu erinnern, dafs keine Substanz eine gröfsere Zahl von Mineralkörpern verdrängen kann, als die Kieselsäure? —

Wenn die Plutonisten mächtige Quarzmassen aus unergründlichen Tiefen aufsteigen lassen, ohne Rechenschaft zu geben, wohin die mächtigen Kieselsäure-Massen gekommen sind, welche die Zersetzung ganzer Gebirge geliefert hat und noch täglich liefert: so zeigen sie wenig Umsicht in ihren Ansichten. Alle Kieselsäure, welche, seitdem Gewässer auf Erden circuliren, dem Meere zugeführt worden, war noch nicht im Stande, den Kieselsäuregehalt in demselben bis zu dem Verhältnisse zu steigern, in welchem wir ihn in Quellen finden; denn es giebt kalte Quellen, welche mehr als 3 Mal so viel Kieselsäure enthalten, als das Meerwasser davon enthält. Daraus werden die Plutonisten nicht schliefsen, dafs die Menge der dem Meere zugeführten Kieselsäure nicht bedeutend sein könne; denn so schwierig sonst Schätzungen von Massen sind, welche durch die Flüsse in das Meer gelangen: so leicht sind die der Kieselsäure zu schätzen, da diese gleichbedeutend mit den Thonablagerungen sind, und daher gewifs den Kieselsäuregehalt im Meere bei weitem übertreffen.

Kein Mineral hat so verschiedenartige Substanzen als Einschlüsse aufzuweisen, wie der Bergkrystall. In ihm finden sich Barytspath, Kalkspath, Magnesitspath, Bitterspath, Disthen, Topas, Glimmer, Albit, Stilbit und Chabasit, Axinit, Turmalin, Epidot, Talk, Hornblende und Strahlstein, Amianth, Chlorit, Titanit, Rutil, Antimonglanz, Bleiglanz, Eisenglanz, Schwarzgültigerz, Rothgültigerz, Silberglanz, gediegenes Gold und Silber (welches auch in seinen moos- und drahtförmigen

Gestalten wohl ausgebildete Quarzkrystalle trägt), Erdpech, Naphtha und Wasser in beweglichen Tropfen *).

Da finden wir also Mineralien, wie Kalk-, Magnesit- und Bitterspath, Eisenglanz, Rutil u. s. w., welche mit großer Leichtigkeit, wie die metallurgischen Processe zeigen, mit Quarz zusammenschmelzen; da finden wir feine Drähte von leichtflüssigem Silber, welche äusserst strengflüssige Quarzkrystalle tragen; da finden wir Mineralien, wie Stilbit, Chabasit, Talk u. s. w. Chlorit, welche wasserhaltig sind, ja wir stofsen sogar auf Substanzen, wie Erdpech, Naphtha, Wasser, welche zu den flüchtigsten und durch Hitze leicht zersetzbaren gehören, und doch sollten sie alle ruhig ausgehalten haben, als sie vom feuerflüssigen Quarz eingehüllt wurden? —

So wie wir aus diesen Umhüllungen ersehen, dafs der später krystallisirte Quarz keine materiellen Veränderungen in den früher gebildeten Mineralien hervorgebracht hat: so sehen wir auch in den regelmäfsigen Verwachsungen der Quarzkrystalle mit anderen Mineralien, wie bei den auf Flufsspath sitzenden Quarzkrystallen, deren rhomboëdrische Flächen vollkommen parallel mit den hexäedrischen jenes Minerals sind, und wie bei der Verwachsung des Quarzes mit Kalkspath **), dafs der später krystallisirte Quarz auch nicht formell verändernd auf das vorhandene Mineral eingewirkt, sondern sich den Formen desselben angepafst hat.

Warum ist es gerade der Bergkrystall, welcher so verschiedenartige Einschlüsse enthält? — Keine Frage ist leichter zu beantworten, als diese. Die Kieselsäure ist diejenige mineralbildende Substanz, welche in keinem Wasser in und auf der Erde fehlt, und die, wenn sie sich einmal aus demselben abgeschieden hat, im hohen Grade schwerlöslich wird. Scheidet sich auch mit der Kieselsäure kohlensaurer Kalk und kohlensaure Magnesia aus eintrocknenden Gewässern ab: so werden diese dadurch nicht schwerlöslicher, und können daher von nicht eintrocknenden Gewässern leicht wieder fortgewaschen werden.

---

*) Blum Oryktognosie 2te Aufl. 1845. S. 217.

**) Breithaupt in dessen Handbuch d. Min. B. III. S. 673.

Sollte die einzig mögliche Entstehungsart des krystallisirten Quarzes nicht auch für den amorphen oder wenigstens nur krystallinischen Quarz in den quarzführenden Gebirgsarten, im Granit u. s. w. gelten? — Kein farbiger Quarz, welcher in der Hitze seine Farbe verliert, kann auf feuerflüssigem Wege entstanden sein; also auch nicht die nelkenbraunen Bergkrystalle in den Edelsteinbrüchen im Granit bei *Mursinsk*, deren Farbe vor dem Löthrohre vollkommen verschwindet *), und nicht der Rosenquarz. Diesen finden wir aber am häufigsten im Granit, seltener im Gneifs und Glimmerschiefer; mithin können die, solchen gefärbten Quarz führenden Gebirgsarten nicht pyrogenetische Bildungen sein. Sollten dagegen solche es sein, welche in der Hitze unveränderliche Quarze enthalten? — Wenn man genau nachsieht, wird man wenige Granite finden, deren Quarze dadurch nicht gebleicht werden; denn die graulichweifs und rauchgrau gefärbten Quarze sind die gewöhnlichen im Granit, und dafs die Farbe des eigentlichen Rauchtopas schon bei mäfsiger Hitze verschwindet, haben wir gesehen (S. 1226).

Es ist eine, auf gar keine Analogie gegründete Annahme, dafs der Quarz im Granit und in anderen krystallinischen Gebirgsarten eine plutonische Bildung sei; denn in der Lava hat man noch nie einen Quarz gefunden, von dem man vermuthen könnte, er habe sich während der Abkühlung und Erstarrung ausgeschieden. Die Quarze, welche manchmal darin angetroffen werden, sind Rollsteine (B. II. S. 731, 733 und 753), welche die fliefsende Lava eingeknetet hat **). Ihre meist mürbe Beschaffenheit zeigt die Einwirkung der Hitze im Widerspruche mit den nichts weniger als mürben Quarzen im Granit. Da man aber Quarze als Zersetzungsproducte in augitischen Labradorgesteinen findet: so könnte es gar nicht befremden, wenn man solche auch in Lava fände. Eben so wenig trifft man in Hohofenschlacken ausgeschiedenen Quarz an; nur wenn von ihm zu viel in der Beschickung war, kommt

---

*) G. Rose Reise nach dem Ural u. s. w. B. I. S. 442.

**) Breislak (Geol. B. III. S. 253) sagt, dafs man in den Laven selten Quarz findet; er bemerkt aber nichts über die Beschaffenheit desselben.

er in der Schlacke eingewickelt wieder vor. Selbst Glas, in welchem doch die Kieselsäure bis auf 81 Proc. steigt, theilt sich, wenn es in anhaltender Hitze krystallisirt, stets in zwei Silicate von bestimmten Mischungsverhältnissen, ohne reine Kieselsäure auszuscheiden *).

Th. Scheerer **) beschreibt gangartige Granitparthien auf der Insel *Hitteröen*, in denen Orthoklaskrystalle, einen Kubikfufs grofs und noch gröfser, Glimmertafeln von einem Quadratfufs auftreten, während sich der Quarz in noch weit bedeutenderen Massen dazwischen ausbreitet. Ueberall erkennt man deutlich, dafs der Feldspath früher krystallisirte, als Glimmer und Quarz. Der Erstere erzwingt sich überall Platz zur vollkommenen Ausbildung seiner Krystalle, während sich die Glimmerblätter, so zu sagen, seiner Macht fügen, und der Quarz entschieden nur die von beiden übrig gelassenen Räume in unkrystallinischer Gestalt ausfüllt. Der zuweilen vorkommende Schriftgranit zeigt zwischen Feldspath und Quarz dieselben Verhältnisse. Er bildet seine grofsen Krystalle mit völliger Schärfe aus, trotz der mannichfachen Quarzparthien in seinem Inneren, welche, von allen Seiten her zusammengedrückt, es kaum zu einer Aehnlichkeit mit verbogenen und geprefsten Quarzkrystallen haben bringen können. Ganz dieselben Erscheinungen beobachtete Scheerer ***) an verschiedenen Puncten der *Buinsel* an der Südküste *Norwegens*. Besonders gegen die Mitte der Ausscheidung hatte sich der Quarz (an einer Stelle bis zu 3 Lachter mächtig) concentrirt, während ihn der Feldspath am Rande derselben in Krystallen, zuweilen Kubikfufs grofs, von allen Seiten umgiebt.

Aus diesen Verhältnissen schliefst Scheerer, dafs der Quarz noch flüssig oder doch noch weich war, als der Feldspath schon krystallisirte. Diefs kann aber aus einem ursprünglichen feuerflüssigen Zustande durchaus nicht erklärt werden, wie schon früher (B. II. S. 923, 924 und 1005) ge-

*) Schafhäutl im n. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1845. S. 861 und Breithaupt in s. Paragenesis S. 68 und 69.

**) Poggend. Ann. B. LVI. S. 489 ff. — und *Gaea Norwegica* von Keilhau 1844, Heft II. S. 336 ff.

***) N. Jahrb. 1843. S. 660 ff.

zeigt wurde. Er findet darin einen sprechenden Beweis, dafs bei Entstehung der krystallinischen Gebirgsarten das Feuer allein nicht alle Wunder gethan habe, sondern dafs man dem Wasser und dem Feuer gleiche Schöpfungsrechte einräumen müsse.

Dafs der Quarz die letzte Bildung im Granit ist, kann man überall, und selbst in ziemlich feinkörnigen Gesteinen sehen. Nie hat der Quarz die Krystallisation der andern Mineralien beschränkt. Scheerer *) führt zwar an, dafs im Urgneifse bei *Modum* Quarz zum Theil in mehr oder weniger feinkörnigen Parthien im Albit eingesprengt sei, und zwischen den Blättern desselben auch in ausgebildeten Krystallen vorkomme; er bemerkt aber, dafs diefs eine Ausnahme von der Regel sei **). Wir können jedoch nicht recht einsehen, in wie fern diefs als Ausnahme gelten soll.

Fournet***) stellte zur Rettung der plutonischen Ansicht eine Theorie der „*Surfusion*" auf, wonach die feuerflüssige Kieselsäure, gleich dem Wasser, Schwefel, Phosphor u. s. w. weit unter ihrem Schmelzpuncte einen gewissen Zustand der Weichheit und Biegsamkeit beibehalten soll. Später theilte Laurent †) mehrere Thatsachen mit, welche zu Gunsten dieser Ansicht sprechen sollten. Ich selbst stellte damals, als ich noch an der plutonischen Entstehung des Granit festhielt, einen Versuch unter Umständen an, wie sie bei der successiven Erstarrung der Gemengtheile eines krystallinischen Gesteins gedacht werden könnten. Wismuth, welches sich bekanntlich wie das Wasser, im Augenblicke der Erstarrung bedeutend ausdehnt, schien sich zu diesem Versuche besonders zu eignen; denn da die bei dem Erkalten dieses geschmolzenen Metalls auf der Oberfläche sich bildende feste Kruste von der innern noch flüssigen Masse, wenn sie auch zur Erstarrung kommt, durchbrochen wird: so war zu erwarten, dafs ein strengflüssigerer, auf der Oberfläche befindlicher Körper, welcher noch weit unter seinem Schmelzpuncte

*) Poggend. Ann. B. XLIX. S. 535.

**) N. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1847. S. 857.

***) Compt. rend. 1844. No. 23.

†) Ebend. No. 26.

weich bleibt, Eindrücke von dem hervordringenden und erstarrenden Metalle annehmen würde. In einem Tiegel wurden daher 15 Pfd. Wismuth, unter Bedeckung mit einem Glasflusse aus gleichen Theilen gewöhnlichen Glases und kohlensauren Kali, geschmolzen. Dieser Glasflufs kam in der Rothglühehitze zum vollkommenen Schmelzen und schwamm auf dem geschmolzenen Wismuth. Nach dem Erstarren und Erkalten zeigte sich der Glasflufs an einer Stelle gehoben, an den übrigen aber, wo das emporgetretene Wismuth eine höckerige Oberfläche bildete, waren auf der untern Fläche desselben alle Erhöhungen und Vertiefungen des Metalls abgeformt. Die Schmelzhitze des Glasflusses mag ungefähr der des Silbers = 818° R. gleich gewesen sein. Da die des Wismuths 197° R. ist: so ist die Differenz zwischen beiden ungefähr 621° R. Diese Differenz vermindert sich auf 607°, da, nach Rudberg, der Erstarrungspunct des Wismuths bei 211° ist. Als sich daher dieses bis zu dieser Temperatur abgekühlt hatte, war der Glasflufs noch so weich, dafs er Eindrücke vom erstarrenden Metalle annehmen konnte *).

Gegen Fournet erklärte sich Scheerer **), indem er sich auf Versuche von Plattner bezog, wonach der Schmelzpunct des Platins bei 2534° und der der Kieselsäure noch darüber liegt, diese aber im Wasserstoffgebläse, welches eine Hitze von 3170° erzeugt, schmilzt. Er schätzt daher den Schmelzpunct der Kieselsäure im Mittel auf ungefähr 2800°, während Achmit, Granat, Hornblende, Turmalin, Eisenkies u. s. w., diese den Quarz im Granit begleitenden und vor diesem zum Festwerden gekommenen Mineralien, in der Blasrohrflamme von 2000° leicht und vollständig geschmolzen werden; mithin deren Schmelzpunct annähernd auf 1000° bis 1500° gesetzt werden kann. Nach Fournet's Hypothese müfste also der Erstarrungspunct des Quarzes um 1300° bis

*) Diese Versuche machte ich nicht bekannt, weil bald hierauf andere Erscheinungen die Hypothese der pyrogenetischen Entstehung des Granit bei mir immer mehr zum Schwanken und endlich zum völligen Sturze brachten, und weil ich daher keine Gründe haben konnte, ihr eine neue Stütze zu leihen.

**) A. a. O.

1800° tiefer, als sein Schmelzpunct liegen, welche Differenz sich, selbst wenn sie sich auf die Hälfte reducirte, nicht würde rechtfertigen lassen. Gegen Durocher's Bemerkung, dafs die Gemengtheile des Granit im geschmolzenen Zustande in homogener Mischung waren, aus der die verschiedenen Verbindungen erst allmälig herauskrystallisirten, und dafs daher nicht eine reine Quarzmasse, sondern die Kieselsäure in Verbindung mit Basen der Erstarrung so lange widerstanden hätten, erinnert Scheerer ganz richtig, dafs je mehr jene Verbindungen herauskrystallisirten, desto weniger Basen blieben in der Flüssigkeit zurück, und desto mehr würde sich daher diese einer reinen Kieselsäure genähert haben, welche nur bei 2800° schmelzbar ist u. s. w. *).

Es kann, wenn man das Vorkommen des Quarzes an Orten und unter Umständen betrachtet, wo seine wässrige Bildung ganz unzweifelhaft ist, nicht entgehen, dafs er in den krystallinischen Gebirgsarten ganz genau ebenso wie dort auftritt. Die Bergkrystalle, welche andere Mineralien einschliefsen (S. 1288), sind spätere Bildungen, als diese. Breithaupt **) führt viele Beispiele an, in denen Quarz die letzte oder wenigstens eine von den letzteren Bildungen ist. Wo freilich, wie in Drusenräumen der Mandelsteine und in Erzgängen der Quarz bei weitem die Hauptmasse bildet, da zeigen sich andere Mineralien als spätere oder als mit ihm gleichzeitige oder auch als alternirende Bildungen. In der

*) Breislak (Lehrb. d. Geol. 1819 B. I. S. 527) war einer der ersten, welcher die Succession der Bildung der Gemengtheile des Granit zur Sprache brachte. Gegen eine langsame Erstarrung desselben aus dem geschmolzenen Zustande haben sich erklärt Fuchs (n. Jahr. f. Min. 1838. S. 187), de Boucheron (Etud. sur l'hist. de la terre 1844. p. 216) und Schafhäutl (Münchn. Anz. 1845 S. 557 und S. 858), weil die Bildungsfolge der Mineralien des Granit nicht die ihrer abnehmenden Strengflüssigkeit ist. Studer (Lehrb. d. physikal. Geographie und Geologie, zweites Kap. S. 156) sagt ganz richtig: Fournet's Ansicht wird kaum beruhigen, da es ein Kennzeichen falscher Theorien ist, zu ihrer Feststellung stets neuer Hypothesen zu bedürfen.

**) Paragenesis S. 14. 20. 56. 57. 58. 103. 139.

edlen Quarzformation erscheinen die edlen Geschicke in einer fast untrennbaren Verbindung mit Quarz und Mispickel *).

Berücksichtigt man, dafs die Kieselsäure wohl kaum in irgend einem Quellwasser in nicht bestimmbarer Menge vorhanden ist, dafs dagegen verschiedene Metalle, wie Kupfer, Zinn, Antimon, Arsenik erst in den letzteren Jahren in Quellen in kaum bestimmbaren Mengen aufgefunden wurden: so ist nicht im mindesten zu bezweifeln, dafs in den Erzgängen diese Metalle mit dem Quarze nahe in denselben Verhältnissen, in welchen sie aufgelöst waren, und daher in bei weitem geringeren Mengen, als dieser, abgesetzt wurden. Kein Mineral erscheint in Formen so vieler anderer Mineralien als Quarz, mithin als spätere Bildung als diese. Endlich haben wir in sedimentären Gesteinen sehr viele Beispiele von Quarzausscheidungen kennen gelernt; mithin tritt auch in diesen der Quarz als jüngste Bildung auf.

Finden wir daher Quarz in krystallinischen Gesteinen gleichfalls als letzte Bildung: so zeigt diese Erscheinung nichts neues, oder seinem übrigen Vorkommen widersprechendes. Ebenso wie wir entschieden erkannt haben, dafs der Quarz in Gängen und Drusen im Thonschiefer ein Zersetzungsproduct von Silicaten ist: so ist es auch der Quarz in Gängen und Drusen im Granit. Der Quarz erscheint daher in beiden Gebirgsmassen als Ausfüllungsmasse leerer Räume. Bilden sich aber nicht noch immer fort leere Räume in diesen Gebirgsmassen, in Folge der beständig fortdauernden Zersetzungen und Fortführungen vorhandener Stoffe durch Gewässer? — Ist es nicht begreiflich, wie auf diese Weise alle Kieselsäure, welche die Gewässer aus den zersetzten Silicaten in den obern Theilen eines Thonschiefer- oder Granitgebirges aufnehmen, nach den untern Theilen wandert und hier theils leere Räume erfüllt, theils vorhandene Substanzen verdrängt **)? Kann nicht durch solche Vorgänge ein quarzfreier Thonschiefer zu einer quarzreichen Grauwacke werden? — So lange

*) Ebend. S. 250.

**) Die Quarzkrystalle zwischen den Lamellen der Muschelschalen zeigen, dafs die Kieselsäure da, wo sie aus Gewässern krystallisiren kann, sich Platz verschafft.

nicht nachgewiesen ist, dafs die Quarzkörner und Quarzbrocken in einer Grauwacke durch Kieselinfusorien gebildet worden sind, ist wohl die Annahme wahrscheinlicher, dafs diese Körner und Brocken sich erst nach dem Absatze des Thonschiefers und nach seiner Erhebung über das Meer gebildet, als dafs sie sich gleichzeitig mit den äusserst feinen und zarten Theilchen der Thonschiefermasse abgesetzt haben. Eckige Quarzkörner können wenigstens keine Sedimente sein.

Dafs die Quarzausscheidung aus granitischen Gesteinen auch dann noch fortfährt, wenn sie einer allmäligen Zersetzung unterliegen, werden wir bei Betrachtung der Zersetzung des Granit sehen.

Wir haben gesehen (B. II. S. 399), dafs ein Thonschiefer, wie der von *Goslar*, einen an Glimmer sehr reichen Gneifs oder Granit geben würde, wenn seine 2,08 Proc. Kalk durch 4,22 Proc. Kali verdrängt werden, und aus der rückständigen Masse Feldspath und Glimmer herauskrystallisiren. Diese Krystallisation ist aber nur möglich, wenn 23,23 Proc. Kieselsäure ausgeschieden werden. Die Krystallisation jener Mineralien ist also der erste, die Ausscheidung dieser Kieselsäure der zweite Act; letztere würde daher den vom Feldspath und Glimmer übrig gelassenen Raum einnehmen, gerade so wie im Granit. Bei allen Krystallisationen von Salzlösungen mit überschüssiger Säure geschieht ganz dasselbe. So wie die Salze krystallisiren, so scheidet sich die überschüssige Säure aus, und tritt in die Mutterlauge. Ist die Säure eine solche, welche nach Verdunstung des Wassers fest wird: so nimmt sie die von den herauskrystallisirten Salzen übrig gelassenen Räume ein, gerade so wie der Quarz im Granit.

Der Feldspath kann sich in Glimmer umwandeln (B. II. S. 303). Die neuerdings von Brücke in den Drusenräumen des Granit von *Hirschberg* aufgefundenen und von G. Rose beschriebenen Pseudomorphosen des Glimmers nach Feldspath *) haben diese Umwandlung auf nassem Wege so völlig ausser Zweifel gesetzt, dafs, ungeachtet der Einwendungen einiger Mineralogen **), eine solche Umwandlung eine eben

*) Poggend. Ann. B. LXXX. S. 121 ff.

**) Zeitschrift d. deutschen geolog. Ges. B. II. S. 10.

so entschiedene Thatsache ist, wie die Umwandlung des Feldspaths im Kaolin. Mit der Umwandlung des Feldspaths in Glimmer ist eine Ausscheidung von Kieselsäure nothwendig verknüpft. In der von Haidinger beschriebenen Pseudomorphose findet sich auch Quarz im Gemenge mit Glimmer (B. II. S. 303). Blum und G. Rose geben aber keinen Quarz an; die Kieselsäure ist also aus diesen Pseudomorphosen durch Gewässer fortgeführt worden.

Denken wir uns ein, aus einer reinen Feldspathmasse bestehendes sedimentäres Gestein, welches gleichfalls einer theilweisen Umwandlung in Glimmer unterliegt, während der nicht umgewandelte Feldspath zum Krystallisiren kommt: so ist nichts leichter zu begreifen, als die Umwandlung eines solchen Gesteins in ein Gemeng aus Feldspath, Glimmer und Quarz, d. h. in einen Granit, der um so mehr von den beiden letzteren enthält, als von ersterem zersetzt worden ist. Besteht das sedimentäre Gestein nicht aus einer reinen Feldspathmasse, fehlt es an Alkalien: so wird, wenn sie sich gleichwohl theilweise in Glimmer umwandelt, um so mehr Kieselsäure ausgeschieden, je weniger die Alkalien betragen, und um so quarzreicher wird der Granit, und noch quarzreicher, wenn das Gestein schon freie Kieselsäure enthielt. Sedimentäre Gesteine von solcher Art sind aber die meisten Thonschiefer, in denen Sauvage sogar Reste von Feldspath nachgewiesen hat (B. II. S. 1006). Der Thonschiefer mag sich in Granit oder in Syenit umwandeln, stets ist die Umwandlung mit einer Quarzausscheidung verknüpft (S. 1005 und 1007).

Entstehen quarzhaltige krystallisirte Gesteine auf solche Weise: so begreifen wir die Möglichkeit, wie auch der Quarz krystallisiren kann, und im quarzführenden Porphyr finden wir ihn auch krystallisirt. Die Frage, warum er im Granit gewöhnlich nur in ungestalteten krystallinischen Körnern und Parthien erscheint, werden wir dann beantworten können, wenn es uns gelingen sollte, die Bedingungen zu erforschen, unter welchen sich überhaupt krystallisirter oder nicht krystallisirter Quarz aus Gewässern abscheidet. Eine der Hauptbedingungen ist gewiſs die, daſs es da, wo sich die Kieselsäure abscheidet, nicht an Raume zur Ausbildung der

Krystalle fehlt. Es ist gewifs dieselbe Kieselsäure in den ungestalteten krystallinischen Körnern im Granit, und in den grofsen schönen Quarzkrystallen in dessen Spalten und Drusenräumen: dort sind aber die vom Feldspath und Glimmer übrig gelassenen Räume klein, beschränkt und unregelmässig, hier sind es dagegen freie grofse Räume, in denen die Verdunstung der herabfallenden Wassertropfen regelmäfsig von Statten gehen, und daher eine ebenso regelmäfsige Ausbildung der sich ausscheidenden Kieselsäure erfolgen kann*).

Eine andere Vorstellung von der Entstehung der quarzhaltigen krystallinischen Gesteine, als die angeführte, können wir selbst dann nicht haben, wenn sie wirklich nur auf eruptivem Wege entstanden sein sollten. Sollten sie sammt und sonders als feuerflüssige Massen hervorgetreten sein, der Quarz, den wir in ihnen finden, kann nicht das Resultat einer Erstarrung sein.

So erscheint denn aller Quarz auf Erden als ein Zersetzungsproduct von Silicaten auf nassem Wege. Selbst die Plutonisten, welche den Granit als feuerflüssige Masse aus dem Innern hervortreten oder durch eine plutonische Metamorphose aus sedimentären Gesteinen entstehen lassen, müssen ihn für ein Ausscheidungs- oder Zersetzungsproduct nehmen. Sie könnten sich nur den Quarz, den sie etwa in mächtigen Gängen aus der Tiefe aufsteigen lassen, als ein ursprüngliches Product reserviren. Dann müfsten wir sie aber fragen, aus welchem Gestein die Höhle oder der grofse Tiegel in der Tiefe bestehen könnte, der den feuerflüssigen Quarz einschliefst? — Wir kennen kein Gestein, welches nicht mit feuerflüssigem Quarz zusammenschmelzen würde.

Bei weitem wahrscheinlicher ist es, sagten wir B. I. S. 584 und B. II. S. 6, dafs das Zusammengesetzte früher, als das Einfache existirt habe. Finden wir auch in Spalten und in Drusenräumen vielfach zusammengesetzte Verbindungen als neueste Bildungen: so sind auch diese nicht aus

*) Es ist denkbar, dafs sich Bergkrystalle gerade dann bilden, wenn gleichzeitig ein anderer Stoff in den Gewässern vorhanden ist, der nicht in die Mischung der Krystalle eingeht. Die Chemie bietet Beispiele dieser Art dar.

ihren Elementen gebildet, sondern aus Gesteinen ausgeschieden worden; sei es auch, dafs die Atmosphäre dazu Sauerstoff und Kohlensäure geliefert hat. Kein Mineral zeigt aber das Streben der Natur, das Zusammengesetzte zu zerlegen, in einem grofsartigeren Maafsstabe, als der Quarz.

## Quarz in Formen verschiedener Mineralien.

Nichts kann mehr für die hydrochemische Bildung des Quarzes in seinen verschiedenen Modificationen sprechen, als das Vorkommen desselben in Krystallformen der verschiedensten Mineralien. Kein Mineral verdrängt so viele andere Mineralien, als der Quarz; wir kennen nicht weniger als 27 Verdrängungs-Pseudomorphosen des Quarzes in Formen anderer Mineralien. Der Umstand, dafs gerade die in Quellen, Flüssen und im Meere so allgemein verbreitete und so leicht nachweisbare Kieselsäure andere Mineralien am häufigsten verdrängt hat, ist gewifs nicht ein zufälliger; er ist geeignet, diejenigen Geologen zu bekehren, welche immer noch die hydrochemische Natur der pseudomorphischen Processe bezweifeln, oder doch wenigstens neben dieser, allen Erscheinungen entsprechenden Ansicht eine entgegengesetzte adoptiren *).

## Quarz, Halbopal, Chalcedon, Feuerstein, Hornstein, Karneol, Prasem und Eisenkiesel nach Kalkspath.

Von den Quarz- und Feuerstein-Pseudomorphosen nach Kalkspath war schon oben (S. 1146, 1245 u. 1249) die Rede.

Halbopal in Umhüllungspseudomorphosen nach Kalkspathformen kommt, nach Amar, im *Cerro de Vallecas* in *Spanien* vor. Die Krystalle zeigten aussen eine unebene, hier und da nierenförmige Oberfläche und zugerundete Kanten. Im Innern waren sie zum Theil hohl und drusig, zum Theil ganz erfüllt mit weissem Opal **).

---

*) Zeitschrift d. deutsch. geol. Ges. B. II. S. 10.

**) Blum a. a. O. S. 254.

Chalcedonpseudomorphosen nach Kalkspath finden sich, nach Amar, bei *Vallecas* unfern *Madrid* im Meerschaum. Es sind Umhüllungen, zuweilen auch nur Ueberzüge über noch vorhandenen Krystallen von Kalkspath. Letztere schliefsen selbst manchmal einen Kern von Chalcedon ein *).

Ueber die in mehreren Erzgängen im *Schneeberger* und *Freiberger* Revier in *Sachsen* vorkommenden Hornsteinpseudomorphosen nach Kalkspath berichten Freiesleben **) und Blum ***) folgendes. Sehr selten haben diese Krystalle noch einen Kern von Kalkspath; gewöhnlich sind sie inwendig mit Quarz-Individuen überzogen, oder mit Quarz ausgefüllt. Wo noch Kalkspath vorkommt, liegt er in kleinen Gruppen wie unter einer Decke, welche bisweilen nur dünne hohle Rinden (manchmal nur von $\frac{1}{3}$ Linie) bilden, in und auf Drusen von Quarz und Hornstein. Die Krystalle sind meist hohl, gewöhnlich von rauhgekörnter Oberfläche. Man hat aber auch regelmäfsige, scharfkantige, dünne, stark durchscheinende, sechsseitige Tafeln von 3 bis $3\frac{1}{2}$ Zoll Gröfse gefunden, welche mit Gruppen kleinerer Krystalle der nämlichen Art abwechseln. Sie sind gleichfalls meist hohl, und dann innen mit drusigen, selten mit glattem Quarz überzogen. Aussen sind sie gröfstentheils rauh, selbst runzelig, selten glatt. Mehrere der Krystalle sind in der Mitte durchbrochen. Die Bruchflächen zeigen dann sehr schön und deutlich, wie sich verschiedene, durch ihre Farbe ausgezeichnete Quarzlagen angesetzt und den ganzen Raum des Kalkspathkrystalls eingenommen haben. Die Reihenfolge dieser Lagen, die an beiden Hauptflächen, so wie an den Seiten der Krystalle sich gleich bleibt, ist folgende: eine feine Lage von bläulichem Chalcedon, dann durchscheinender, glasglänzender Quarz, hierauf weisser Chalcedon und wieder Quarz. Auf diese folgen gewöhnlich zwei durch eine feine Quarzschicht

*) Blum a. a. O. S. 247.

**) Mag. f. d. Oryktographie v. *Sachsen* H. II. S. 178. — Nach Breithaupt (Paragenesis S. 223) sind die *Schneeberger* Pseudomorphosen gröfsten Theils Chalcedon- und nur kleineren Theils Hornsteinpseudomorphosen.

***) A. a. O. S. 250.

von einander getrennte Lagen von dichtem, gelbem Hornstein, und darauf füllt eine wachs- oder honiggelbe, meist feinkörnige Quarzmasse das Uebrige, und in der Regel den gröfsten Theil aus. Da diese Krystalle nur eine Dicke von 1 bis 2 Linien besitzen, und die letztere Quarzmasse meist über die Hälfte derselben einnimmt: so ersieht man, wie fein jene anderen Lagen von den verschiedenen Quarzarten sein müssen.

Diese Pseudomorphosen haben eine grofse Aehnlichkeit mit der Streifung mancher sehr fein gebänderter Achate.

Karneol findet sich in der Form von Kalkspath unfern *Chemnitz* in *Sachsen*, in den Klüften eines Feldsteinporphyrs. Es ist eine dichte Chalcedon- oder Achatmasse, die rindenartig theils fest auf dem Porphyr aufsitzt, theils durch hohle Räume von demselben getrennt ist. Nach oben ist jene Masse mit Karneolkrystallen, das Skalenoëder des Kalkspaths darstellend, überzogen. Diese Krystalle, deren Spitzen meist abgebrochen sind, bestehen aus einer dünnen Rinde von blutrothem Karneol von sehr rauher Oberfläche, zugerundeten Kanten und wenig oder gar keinem Glanz. Innen sind sie hohl, die Wände rauh, ohne Spur von Kalkspath *).

Prasem nach Kalkspath beschreibt Blum **). Auf ziemlich feinkörnigem Diorit sitzt zum Theil lauchgrün gefärbter Kalkspath, zum Theil derber oder krystallisirter Prasem in Kalkspathformen. Die Krystalle haben eine rauhe, gekörnte, doch ziemlich ebene lauchgrüne Oberfläche, und sind im Innern ganz erfüllt oder nur wenig porös. Die lauchgrüne Farbe des Kalkspaths wie des Prasem scheint von der grünen Farbe des Diorit herzurühren; denn dieser ist da, wo jene auf ihm sitzen, drei bis vier Linien weit von lichter Farbe. Die gleiche Färbung des Kalkspaths und des Prasem verdient wohl durch eine chemische Untersuchung aufgeklärt zu werden.

Die von Freiesleben beschriebenen, etwas rhomboidalen Krystalle des Eisenkiesels auf den Eisensteingängen im *Schneeberger* Revier sind, nach Blum ***), unstreitig Umhüllungspseudomorphosen nach Kalkspathformen. Die Krystalle

---

*) Blum a. a. O. S. 248.

**) Ebend. S. 242.

***) Ebend. S. 242.

sind aussen rauh, feindrusig und glanzlos, innen mehr oder weniger hohl mit drusigen Wänden. Sie unterscheiden sich von andern Quarzpseudomorphosen darin, dafs bei ihnen meist mehrere Rinden über einander liegen, die für sich immer die Form des früheren Kalkspathindividuums darstellen. Der letzte und kleinste Krystall ist hohl und über ihm liegen immer gröfsere, welche fast stets scharf, oft durch einen kleinen hohlen Raum von einander geschieden sind, so dafs man die Zahl der gleichsam in einander geschachtelten Krystalle beim Zerbrechen meist ganz gut bestimmen kann; gewöhnlich sind es zwei bis vier, an einem Stück sogar sieben. Diese Erscheinung hat viel Räthselhaftes. Der Kalkspath mufs ziemlich regelmäfsig an Umfang abgenommen, und die Ansätze von Quarzsubstanz müssen sich nach innen stets dann wiederholt haben, wenn zwischen dem Kalkspath und der vorhandenen Quarzrinde ein hohler Raum entstanden war. Die verschiedenen Rinden sind übrigens meist feindrusig; sie bestehen aus einem sehr feinkörnigen Aggregat von Eisenkieselmasse und verlaufen sich an der Spitze der Krystalle in einander, so dafs diese hier ganz erfüllt zu sein scheinen.

Die Quarzlamellen in der Gestalt des Kalkspath-Hauptrhomboëders, welche die Quarzpseudomorphosen nach Kalkspath zeigen (S. 1146), haben wir in den vorstehenden Pseudomorphosen amorphen Quarzes nach Kalkspath nirgends wieder gefunden. Sie scheinen daher bei diesem nicht vorzukommen, und diefs ist sehr merkwürdig, weil es dafür spricht, dafs die Kieselsäure schon in ihrer wässrigen Lösung in verschiedenen isomerischen Zuständen vorhanden ist (S. 1222). Damit ist aber diese Erscheinung keineswegs erklärt. Zwischen die Spaltungsflächen der Kalkspathkrystalle dringen gewifs eben so Gewässer, welche amorphe Kieselsäure absetzen, als solche, welche krystallinische Kieselsäure abscheiden. Warum setzen sie aber in den Spaltungsflächen nicht eben so amorphe, wie krystallinische Kieselsäure ab? — Sollte sich amorphe Kieselsäure stets im gallertartigen Zustande absetzen: so würde sich eine solche weiche Masse in dünnen Lamellen, beim Auflösen des angrenzenden Kalks durch die Gewässer, nicht erhalten können, während eine aus krystallinischem

Quarz entstandene, eine feste Wand bildende Lamelle Widerstand leisten würde.

Die bis jetzt bekannten Quarzpseudomorphosen nach Kalkspath sind im Innern hohl; nur das Innere des von Blum beschriebenen Exemplars *) wird gewöhnlich von einer körnigen, etwas eisenschüssigen Quarzmasse erfüllt, und nur hier und da befinden sich in einzelnen Krystallen hohle Räume, in denen Quarz theils in kleinen Individuen, theils als poröse Masse erscheint. Dagegen sind die Pseudomorphosen des amorphen Quarzes nach Kalkspath, wie die des Opal, des Chalcedon, des Prasem zum Theil hohl, zum Theil mit Kieselmasse ganz erfüllt. Wenn nun diese Pseudomorphosen viel häufiger erfüllt sind, als die des krystallinischen Quarzes: so zeigt diefs, dafs im Verhältnisse zu dem fortgeführten kohlensauren Kalke mehr amorphe als krystallinische Kieselsäure von den Gewässern abgesetzt wurde, und dafs daher jene in gröfserer Menge, als diese aufgelöst war. Diefs stimmt auch damit überein, dafs die Kieselsäure in ihrer auflöslichen Modification weit weniger schwerlöslich, als in ihrer sogenannten unauflöslichen Modification ist.

Die lagenartigen Bildungen amorphen Quarzes, wie sie sich namentlich in den Einschlüssen der Mandelsteine zeigen, finden sich auch bei den Verdrängungen des Kalkspaths durch Hornstein, Karneol und Eisenkiesel.

Enthalten die Gewässer amorphe und krystallinische Kieselsäure zugleich: so entstehen, wenn dieselben Kalkspath verdrängen, zusammengesetzte Pseudomorphosen. Von solcher Art scheinen die Pseudomorphosen von *Kupferberg* (S. 1245) zu sein.

Es ist sehr beachtenswerth, dafs der kohlensaure Kalk von fast allen kieseligen Substanzen verdrängt wird. Die Möglichkeit ist daher nicht zu bezweifeln, dafs ganze Kalklager von der Kieselsäure verdrängt werden können. Manches räthselhafte Auftreten von Quarzlagern, denen eine Bildung unter dem Meere durch organische Thätigkeit nicht zuzuschreiben ist, würde dann seine Erklärung finden. Vielleicht dafs die Kieselkalksteine (S. 1278) auf solche Weise ent-

*) A. a. O. S. 235.

standen sind. Ist aber der kohlensaure Kalk, wie meist im sedimentären Kalksteine, amorph: so kann eine solche Verdrängung auf mineralogischem Wege nicht erkannt werden. In der jüngeren Kobalt-Nickel-Formation ist, nach Breithaupt*), der Kalkspath oft durch Quarz verdrängt worden.

## Quarz und Chalcedon nach Bitterspath.

Die Quarzpseudomorphosen nach Bitterspath haben wir schon betrachtet (S. 1147 und 1148). Chalcedonpseudomorphosen nach Bitterspath finden sich in der Gegend von *Kälberau* im *Spessart* in Drusenräumen eines Dolomit **). Die primitiven Bitterspath-Rhomboëder sind hier mit Chalcedon überzogen. Die Oberfläche dieser Krystalle ist oft drusig, und dann mehr oder weniger glänzend und weifs oder graulichweifs, was jedoch von einem feinen Ueberzuge von sehr kleinen Quarzindividuen herrührt. Innen sind die Krystalle theils hohl, an den Wänden glatt oder nierenförmig, auch durch kleine Quarzkrystalle fein drusig, theils sind sie noch mit der ursprünglichen Substanz erfüllt.

## Quarz und Hornstein nach Eisenspath.

Der Verdrängung des Eisenspaths durch Quarz haben wir schon gedacht (S. 1260). Blum beschreibt mehrere solcher hohlen Pseudomorphosen in der Form des primären Eisenspathrhomboëders. Sie bestehen aus mehr oder weniger feinen, dünnen Rinden, welche aus Quarzindividuen gebildet sind. Die Oberfläche der Krystalle ist durchaus sehr drusig, das Innere zum Theil glatt, zum Theil und meist rauh und uneben. Hier und da ziehen sich feine, parallel laufende Quarzlagen, den Durchgängen der früheren Substanz entsprechend, bis in die Mitte der Höhlung. An einem Exemplare sind einzelne Krystalle von einem porösen, netzförmigen Gewebe solcher Lamellen erfüllt, die in feinen Lagen den Richtungen der drei Durchgänge folgen. Der Eisenspath ist an

---

*) Paragenesis u. s. w. S. 219.

**) Blum a. a. O. S. 247.

einem Exemplar noch vorhanden, an einem andern in dichten Brauneisenstein umgewandelt.

Hornsteinpseudomorphosen nach Eisenspath finden sich in stumpfen Rhomboëdern auf den Erzgängen bei *Zinnwald* in *Böhmen*. Sie sind hohl, drusig und auf Quarz aufgewachsen *).

Auch hier scheint also nur der krystallinische Quarz Lamellen nach den Spaltungsflächen des ursprünglichen Eisenspaths zu bilden.

## Quarz nach Zinkspath und nach Kieselzinkerz.

Umhüllungspseudomorphosen von Quarz nach Zinkspath fand Monheim im *Herrenberge* bei *Nirm* unweit *Aachen* **). Sie waren hohl und die Zinkspathkrystalle, worauf sich der Quarz abgelagert hatte, waren verschwunden.

Dort fand er ***) auch Quarzpseudomorphosen nach Kieselzinkerz. Im Innern waren sie hohl, oder enthielten auch noch einzelne Quarzzacken.

## Quarz nach kohlensaurem Bleioxyd.

Blum †) beschreibt Quarzpseudomorphosen in der Form der spiesigen Individuen des kohlensauren Bleioxyds aus den Zinnerzgängen bei *Zinnwald* in *Böhmen*. Sie sind sehr dünn, innen meist eben, selten etwas rauh, und mit Quarzanhäufungen theilweise erfüllt, aussen aber feindrusig und hier und da mit einzelnen Quarzkryställchen oder feinen Quarzstalactiten besetzt. Am Ende eines gröſseren hohlen Krystalls befand sich ein Fluſsspathwürfel: ein deutlicher Beweis, daſs dessen Bildung nach der Verdrängung des kohlensauren Bleioxyds und nach dem Auftreten des Quarzes erfolgt ist. Der-

*) Ebend. S. 253.

**) Verhandl. d. naturhist. Vereins d. preuſs. Rheinlande 1849. 55 ff.

***) Ebend.

†) A. a. O. S. 239.

selbe erscheint verändert; denn theilweise ist er durch Steinmark verdrängt. Auch zu *Rheinbreitbach* oberhalb *Bonn* kommen Umhüllungs-Pseudomorphosen von Quarz nach kohlensaurem Bleioxyd auf Quarzgängen, welche verschiedene Erze führen, vor.

So können denn, mit Ausnahme des kohlensauren Baryts, kohlensauren Strontians und kohlensauren Kupferoxyds, alle kohlensaure Erden und Metalloxyde des Mineralreichs durch Kieselsäure verdrängt werden. Aber auch diese hier ausgenommenen Carbonate sind gewifs gleichfalls einer Verdrängung fähig, und man wird auch wahrscheinlich noch Quarzpseudomorphosen nach ihnen finden, wenn man die Aufmerksamkeit darauf richtet.

## Quarz nach Gypsspath.

Diese Pseudomorphosen finden sich nach Blum *) zu *Passy* bei *Paris* in einem Süfswassermergel. Innen sind sie entweder ganz erfüllt mit dichter, manchmal etwas körniger Quarzmasse oder hohl, besonders da, wo die Individuen dicker werden; die Wände sind dann rauh, wie zerfressen, oder mit weifsem, nierenförmigem Chalcedon überzogen. Die Aussenfläche ist rauh, uneben und matt.

Beachtet man die Leichtlöslichkeit des Gypses und die Schwerlöslichkeit der Kieselsäure: so ist die Erklärung sehr schwierig, wie solche Pseudomorphosen ganz mit Kieselsäure erfüllt werden konnten. Angenommen, die Gewässer, welche den Gyps verdrängten, enthielten $\frac{1}{10000}$ Kieselsäure, die gröfste Menge, welche man bisher in kalten Quellen gefunden hat: so würde jedes Wasserpartikelchen, welches $\frac{1}{10000}$ Kieselsäure absetzte, dagegen $\frac{1}{450}$, mithin 22 Mal so viel Gyps fortgeführt, als Kieselsäure abgesetzt haben, sofern es sich ganz mit Gyps gesättigt hätte. Sollten die Gewässer schon mehr oder weniger Gyps enthalten, und daher nur wenig davon fortgeführt haben: so würde die Bildung ausgefüllter Krystalle zu erklären, nicht mehr schwierig sein.

*) A. a. O. S. 231.

## Quarz und Chalcedon nach Barytspath.

Häufig und zum Theil in sehr grofsartigem Maafsstabe finden sich Quarzpseudomorphosen nach Barytspath, und nicht selten in der Kernform desselben. Aussen sind sie rauh, uneben und drusig durch die Spitzen an einander gereihter, sehr kleiner Quarzindividuen. Innen sind sie theils ganz mit Quarzmasse erfüllt, theils hohl, in welchem Falle sich der Quarz zu gröfseren Individuen ausgebildet hat. Die von Zippe beschriebenen Pseudomorphosen auf den Erzgängen von *Przibram* in *Böhmen* sind stets im Innern hohl und erscheinen daher blofs als Ueberzüge, nach deren Bildung der Kern zerstört worden ist. Die meisten Krystalle zeigen die eigenthümliche Erscheinung beim Durchbrechen, dafs feine Eisenoxyd-Lagen, welche sich so häufig auf den Flächen der Barytkrystalle finden, die frühere Stärke derselben nachweisen. Diese Lagen oder Streifen finden sich auch im derben Quarz und deuten an, dafs derselbe nicht nur den Barytspath verdrängt, sondern auch die Räume zwischen den Krystallen zum Theil ausgefüllt hat.

Blum *) fand in den Amethystkugeln der Mandelsteine von *Oberstein* Verdrängungspseudomorphosen von Quarz nach Barytspath, welches bemerkenswerth ist, weil man bis jetzt in denselben noch keinen Barytspath angetroffen hat.

Breithaupt **) bemerkt, dafs für die jüngere Kobalt-Nickel-Formation der Barytspath vorzüglich bezeichnend ist. Derselbe wird zwar manchmal nicht mehr vorgefunden, ist aber doch da gewesen. Er fehlt so oft, weil er durch Quarz verdrängt worden ist. In den *Schneeberger* Gängen hat man Längen von 1000 bis 2000 Fufs, in den sogenannten Kastendrusen, d. h. in den Quarzpseudomorphosen nach Barytspath, aufgeschlossen. Findet sich noch Barytspath, so ist er jünger als Quarz.

Nach F. Sandberger ***) scheint ein mächtiger Gang

*) Nachtrag u. s. w. S. 128.

**) Paragenesis u. s. w. S. 218 und 222.

***) Jahrb. d. Vereins f. Naturkunde im Herz. *Nassau* H. VI. S. 10.

von Quarz, am *Grauen Stein* im *Frauensteiner Wald*, früher wo nicht ganz, doch gröfstentheils von Barytspath, welcher später durch Kieselsäure verdrängt wurde, ausgefüllt gewesen zu sein. Der oben (B. I. S. 603) erwähnte Barytspathgang bei *Schriesheim* geht in nicht bedeutender Tiefe in einen Quarz-, besonders in einen Eisenkieselgang über. Auch finden sich oft mitten im Eisenkiesel scharfkantige Bruchstücke von Barytspath. Es ist daher gar nicht unwahrscheinlich, dafs der Quarz und Eisenkiesel den Barytspath verdrängt haben, und dafs diese Verdrängung von unten nach oben vor sich gegangen ist. Wäre der Gang in den untern Teufen früher mit den Quarzbildungen erfüllt gewesen, und hätte sich später in den obern Teufen Barytspath abgesetzt: so würde wenigstens das Vorkommen desselben im Eisenkiesel nicht zu begreifen sein.

Der schwefelsaure Baryt ist viel schwerlöslicher, als Kieselsäure; denn diese findet sich in jedem Quellwasser gelöst, jenen hat man aber entschieden noch in keinem gefunden. Eine Verdrängung des schwefelsauren Baryt durch Kieselsäure scheint demnach dem allgemeinen Gesetze (S. 1144) zu widersprechen. Allein kaum ist zu vermuthen, dafs der schwefelsaure Baryt als solcher von den Gewässern fortgeführt wird. Es wurde schon gezeigt (B. I. S. 629), dafs dieses überaus schwerlösliche Salz noch in einer Temperatur von 20° bis 22° R. durch sehr verdünnte Lösungen kohlensaurer Alkalien zersetzt wird. Gewässer, welche diese Carbonate und Kieselsäure enthalten, könnten daher in dieser Temperatur die Zersetzung des schwefelsauren Baryt in kohlensauren Baryt und schwefelsaures Alkali bewirken, welche beide Salze von den Gewässern fortgeführt würden und dagegen Kieselsäure absetzten. Auf Gängen, in welchen der Barytspath durch Kieselsäure verdrängt worden, herrscht aber in den obern Teufen unserer Zone kein Tropenklima und warme Quellen steigen auch nicht in mächtigen Gängen auf.

Nach Mohs findet sich an mehreren Orten Eisenkies im Quarzüberzuge der Pseudomorphosen nach Barytspath; nach Blum sind auch viele pseudomorphische Quarzkrystalle aus den Erzgängen von *Rhonitz* in *Ungarn* mit höchst kleinen, in Brauneisenstein umgewandelten Eisenkiesen bedeckt und auf den

Quarzpseudomorphosen im *Schapbachthale* in *Baden* befinden sich hier und da Kupferkieskrystalle. Es ist gar nicht unwahrscheinlich, dafs sich solche Schwefelmetalle auf Kosten des Barytspath, der durch organische Substanzen in den Gewässern zersetzt wurde, gebildet haben. Dafs der Barytspath, wie alle schwefelsauren Erden und Alkalien, durch organische Substanzen auch auf nassem Wege zersetzt wird, zeigt der Hepatit, ein mit bituminösen Stoffen gemengter schwefelsaurer Baryt, welcher beim Reiben oder Schlagen einen hepatischen Geruch entwickelt und auf Gängen vorkommt. Das durch diese Zersetzung entstandene Schwefelbaryum ist sehr leichtlöslich im Wasser; es ist daher eine nicht unwahrscheinliche Vermuthung, dafs der an sich so höchst schwerlösliche schwefelsaure Baryt durch Gewässer, welche organische Substanzen enthielten, in Schwefelbaryum zersetzt und so leicht von den Gewässern fortgeführt wurde, während Kieselsäure aus denselben Gewässern an seine Stelle trat. Dieses Schwefelbaryum konnte wiederum zur Bildung von Schwefelmetallen verwendet werden.

Chalcedon kommt nach Amar *) in Pseudomorphosen nach Barytspath bei *Valecas* in *Spanien* in Drusenräumen des Meerschaums vor.

## Quarz nach Baryto-Calcit.

Diese Verdrängungspseudomorphosen finden sich, nach Zippe **), auf den Erzgängen zu *Mies* in *Böhmen*, obgleich vom Baryto-Calcit selbst nicht eine Spur dort vorkommt. Diese Krystalle sind hohl, im Innern zellig und aussen rauh.

## Quarz, Chalcedon und Hornstein nach Flufsspath.

Der Quarz findet sich an mehreren Orten in Formen von Flufsspath, am häufigsten in Octaëdern und Würfeln, seltener in andern Formen. Wie grofsartig der Procefs ist,

*) Die Pseudomorphosen u. s. w. S. 244.

**) Ebend. S. 236.

wodurch Flufsspath vom Quarz verdrängt wird, haben wir schon B. II. S. 223 gesehen. Diese Pseudomorphosen sind zum Theil ganz erfüllt, zum Theil hohl, dabei nach innen eben oder drusig und mit kleinen Quarzkrystallen besetzt; manchmal enthalten sie auch noch Flufsspath-Reste im Innern. Die hohlen Krystalle sind alle durch Umhüllung entstanden, die ganz erfüllten möchten zum Theil Ersetzungspseudomorphosen sein, da man in diesen beim Zerschlagen meist eine ganz gleichförmige Masse findet *). Ueber ihre Fundorte das Nähere bei Blum. Papierdünne Ueberzüge von Quarz über Flufsspath, der ganz verschwunden ist, fand er auf den Barytspathgängen bei *Schriesheim*.

Fox **) beschreibt Pseudomorphosen aus einer Tiefe von ungefähr 160 Klafter auf einem Kupfererzgange im *Killas* in *Cornwall*. Er legt ihnen einen historischen Werth bei, indem sie wenigstens eine Folge von Veränderungen in dem Erzgange zeigen. Manche dieser octaëdrischen Krystalle enthielten Wasser, welches keinen oder doch nur einen schwach salzigen Geschmack hatte und auf Lakmus nicht reagirte. Kochsalz, in andern Portionen schwefelsaures Eisenoxydul, ($\frac{1}{10}$ vom Wasser), Kalk und Salzsäure wurden nachgewiesen. Dieses Wasser hatte einen sehr beifsenden Geschmack, und eine andere Portion zeigte einen Säureüberschufs. Manche dieser Pseudomorphosen waren theilweise oder ganz mit krystallinischem Quarz erfüllt, andere leer oder umschlossen mehr oder weniger zahlreiche Fragmente von zerstückeltem Flufsspath. Eine solche Höhlung enthielt an 100 solcher Fragmente, ohne viele sehr kleine Stückchen zu rechnen. Alle waren zerfressen und zeigten durch ihre abgerundeten Kanten und ihre ausgezackte Oberfläche die Wirkung eines Auflösungsmittels, welches leicht zwischen die Spaltungsflächen eindrang ***).

---

*) Die Pseudomorphosen u. s. w. S. 228 ff.

**) Edinb. new philos. Journ. Oct. 1845 — Jan. 1846. P. 115 etc.

***) Wurden Alaunkrystalle eine Zeit lang in Wasser gelegt, so zeigten sich die Spaltungsflächen zuerst angegriffen, und Fragmente, ähnlich denen des zerstückelten Flufsspaths, sonderten sich ab: ein directer Beweis von dem Eindringen der Gewässer zwischen die Spaltungsflächen.

Ausser dem zerstückelten Flufsspath fanden sich noch vollkommene Octaëder in denselben Stufen, welche aber im Quarz besser eingeschlossen und mehr geschützt waren. Die Quarzstücke mit den eingeschlossenen Krystallen bestanden aus parallelen Lagen von durchscheinendem und milchweifsem Quarz von verschiedener Dicke. Sehr bemerkenswerth ist, dafs sich später Flufsspathoctaëder auf dem Quarz bildeten, welche wieder mit Kieselsäure, amorph oder in kleinen Krystallen, überzogen wurden; darauf erschienen nochmals Flufsspathoctaëder. Diese Processe scheinen sich bei einigen Krystallen noch einmal wiederholt zu haben, worauf sich eine, bisweilen dicke Quarzkruste mit kleinen Quarzkrystallen auf der Oberfläche absetzte. Einige Stücke bestanden aus einer oder mehreren Lagen von Quarz zwischen zwei oder mehreren Lagen von Flufsspath.

Fox verkannte nicht, dafs sich diese Erscheinungen nur aus der Gegenwart von Wasser und aus der Veränderung seiner Bestandtheile zu verschiedenen Perioden erklären lassen. Um aber seine Circulation zu begreifen, nimmt er zu verschiedenen Ursachen, zum theilweisen Oeffnen und Verschliefsen der Spalten, zum Aufsteigen von warmen und zum Niedergehen von kalten Wasserströmen, zum hydrostatischen Drucke von Seewasser u. s. w. Zuflucht. Wir haben nicht nöthig, diese Annahmen zu widerlegen: aus den niedergehenden Tagewassern, aus dem Eindringen derselben zwischen die Spaltungsflächen, aus dem gegenseitigen Austausche von Substanzen lassen sich, wie wir schon so oft gezeigt haben, alle pseudomorphischen Processe erklären. Gewässer, welche in den oberen Teufen des Ganges Flufsspath verdrängten und dagegen Quarz absetzten, schieden den aufgelösten Flufsspath in tieferen Puncten wieder ab. Ein solcher Wechsel konnte sich sehr oft wiederholen. Die von Fox in den eingeschlossenen Wasserportionen aufgefundenen Substanzen haben die pseudomorphischen Processe nicht veranlafst, sondern diejenigen (Kieselsäure und Fluorcalcium) welche er in den geringen Mengen Wassers nicht auffinden konnte. Aber jene Substanzen, namentlich das schwefelsaure Eisenoxydul, erklären die Gegenwart des Eisenoxyds und des Eisen- und Kupferkieses an den Wänden der mit Wasser angefüllten Höhlungen, im Flufsspath. Ein pseu-

domorpher Quarzkrystall war mit Fragmenten von Flufsspath erfüllt, die gemengt waren mit Stückchen von Eisenspath und erdigem kohlensaurem Eisenoxydul. Auch eine hohle Pseudomorphose von Quarz nach Eisenspath fand sich.

Nauck *) beschreibt Quarz-Pseudomorphosen nach Flufsspath aus der Gegend von *Schleusingen*, welche die Form des regulären Octaëders haben, auf der Oberfläche rauh und meist hohl sind, und manchmal einen Kern von Flufsspath enthalten. Diese Octaëder ragen zwischen kleineren Quarzkrystallen von derselben gelblich-rauch-braunen Farbe hervor, welche die Oberfläche eines flufsspathreichen Porphyrfelsen überziehen. Dem Flufsspath, welcher für die Gesteine der dortigen Gegend ein so characteristischer Gemengtheil zu sein scheint, dafs fast alle Porphyre und viele Granite damit völlig durchdrungen sind, ist demnach ohne Zweifel die octaëdrische Form entlehnt, obwohl der dortige Flufsspath, wenn er deutliche Krystallformen zeigt, bis jetzt nur in Hexaëdern gefunden worden ist.

Auch Chalcedon findet man in Pseudomorphosen, namentlich nach der Würfelform des Flufsspaths, in *Siebenbürgen*, bei *Nertschinsk* in *Sibirien* und zu *Zinnwald* in *Böhmen*. Theils sind die Krystalle ganz erfüllt, theils auch hohl **).

Da das spec. Gewicht des Flufsspath 3,14, das des Chalcedon 2,55 ist: so brauchte die Menge der Kieselsäure nur 0,8 von der des verdrängten Flufsspath auszumachen, um den Raum des letzteren ganz zu erfüllen. Nach Wilson lösen 26923 Th. Wasser 1 Th. Flufsspath auf; diese Menge Wassers brauchte daher nur 0,8 Th. Kieselsäure zu enthalten und der Raum des aufgelösten Flufsspath wurde durch Kieselsäure ganz erfüllt. Die oben (S. 1240) angeführte süfse Quelle enthält aber sehr nahe so viel Kieselsäure.

Kleine, hohle, regelmäfsige Würfel und hohle Rhomboidaldodecaëder von Hornstein von zartdrusiger Oberfläche, welche, nach Freiesleben, im *Schneeberger* Revier vorkommen, sind offenbar Umhüllungspseudomorpho-

---

*) Zeitschrift d. deutsch. geol. Gesellsch. B. II. S. 171.

**) Blum a. a. O. S. 244.

sen nach Flufsspath *). Ich besitze selbst solche Pseudomorphosen.

Unter den Quarzpseudomorphosen nach Flufsspath sind offenbar die Octaëderformen die häufigsten, obwohl die Würfelformen nicht ganz fehlen. Auffallend ist, dafs in der Gegend von *Schleusingen* nur Octaëderformen vorzukommen scheinen, während der dortige Flufsspath bis jetzt nur in Würfeln gefunden worden. Dort scheinen also die Würfel von der Pseudomorphose verschont worden zu sein. Dagegen finden sich die Octaëderformen nicht bei den Chalcedon- und Hornsteinpseudomorphosen, sondern bei jenen ausschliefslich die Würfel- und bei diesen auch die Rhomboidaldodecaëder-Formen. Wir stofsen hier abermals auf Beziehungen zwischen den Krystallformen der Mineralien und ihrer Umwandlung oder Verdrängung (S. 1118); aber es scheint sogar auch eine Beziehung zwischen den Krystallformen der Mineralien und den isomerischen Zuständen der Kieselsäure statt zu finden. Es ist zu wünschen, dafs diese, wie es scheint, bis jetzt wenig beachtete Beziehung die Aufmerksamkeit der Mineralogen erregen möge.

Unter allen Quarzpseudomorphosen treten die nach Kalkspath, Barytspath und Flufsspath im grofsartigsten Maafsstabe auf. Man darf nicht etwa, sagt Breithaupt **), von der kleinen Zahl der zum Theil seltenen Pseudomorphosen, welche in Sammlungen aufbewahrt werden, auf unbedeutende Vorgänge im Innern der Erde schliefsen. Es sind ganze Gangformationen, wie namentlich solche, welche jene Späthe führten, verschwunden; ihre ehemalige Existenz ist nur noch durch die Pseudomorphosen nachzuweisen.

### Quarz nach Bleiglanz.

Dafs der Quarz in hohlen Würfeln, wie er auf der Grube *Haus-Baden* bei *Badenweiler* vorkommt, von Bleiglanzkrystallen herrührt, welche von ihm umhüllt wurden, zeigen die Bleiglanz-Ueberreste, die sich noch in einigen dieser Pseudomorphosen, aber gewöhnlich zum Theil in kohlensaures

*) Ebend. S. 249.

**) Paragenesis S. 128 und 202.

Bleioxyd umgewandelt finden. Diese Pseudomorphosen bestehen aus einer ganz feinen, von höchst kleinen Quarzindividuen gebildeten Rinde. Ihre Oberfläche ist daher rauh und uneben, oft durchlöchert, die Kanten sind aber ziemlich scharf. Im Innern sind sie drusig. Einzelne Krystalle von kohlensaurem Bleioxyd sitzen auf den Pseudomorphosen. Die Quarzpseudomorphosen nach Bleiglanz auf Erzgängen im Granit, auf der Grube *Herrensegen* im *Schapbachthale* auf dem *Schwarzwald*, zeigen theils hohle, theils mit Quarz erfüllte Würfel. Es setzte sich hier auf die Bleiglanzkrystalle zuerst eine dünne Kruste Chalcedon ab, die allmälig in krystallinischen Quarz übergeht, so dafs der äussere Theil der Pseudomorphosen aus lauter Quarzkrystallen zusammengesetzt und defshalb durchaus drusig erscheint. Ecken und Kanten sind zugerundet. Nach dem Verschwinden des Bleiglanzes unter jener Kruste, setzte sich auch im Innern Quarz, und zwar wieder zuerst Chalcedon ab; wo dieser die Krystalle nicht ganz erfüllte, bildeten sich später ebenfalls Quarzkrystalle. Die beiden sich berührenden Chalcedon-Lagen lassen sich leicht von einander trennen, aber die Trennungsflächen sind rauh und uneben. In mehreren der ganz mit Chalcedon erfüllten Pseudomorphosen bildet an einzelnen Stellen der im Innern angehäufte Quarz nierenförmige und andere Gestalten oder auch feine Lamellen, die sich rechtwinklig schneiden und den Blätterdurchgängen des Bleiglanzes entsprechen *).

Dafs der Bleiglanz, der, wie alle Schwefelmetalle, zu den unlöslichsten Substanzen gehört, nicht als solcher verdrängt wurde, kann nicht im mindesten bezweifelt werden. Die Pseudomorphosen aus der Grube *Haus - Baden* zeigen, dafs er hier in kohlensaures Bleioxyd umgewandelt, und daher als solches von den Gewässern fortgeführt wurde. Da die Entstehung des kohlensauren Bleioxyds aus Zersetzung des Bleiglanzes eine bekannte und häufig vorkommende Erscheinung ist: so steht nichts im Wege, sich die Verdrängung desselben, nach seiner vorhergegangenen Zersetzung in kohlensaures Bleioxyd, zu denken. Gewöhnlich geht hierbei die Form des Bleiglanzes verloren und das kohlensaure Blei-

*) Blum die Pseudomorphosen S. 238 und Nachtrag S. 138.

oxyd bildet sich in seinen eigenen Formen aus. Dieser Fall kann aber bei den oben beschriebenen Pseudomorphosen nicht statt gefunden haben, da dieselben nicht die Form des kohlensauren Bleioxyds, sondern die des Bleiglanzes besitzen. Für den andern Fall, für die Beibehaltung der Form bei der Umwandlung des Bleiglanzes in kohlensaures Bleioxyd führt Blum mehrere Belege an *). Auf einem gneifsartigen Gesteine findet sich ein dünner Ueberzug von Bleiglanz, welcher gröfstentheils in kohlensaures Bleioxyd, theils derb, theils in zahlreichen Krystallen, umgewandelt ist. Eine dünne Rinde von Quarz und Eisenocher überzieht meist das derbe kohlensaure Bleioxyd, aber nur einige Krystalle und namentlich diejenigen, welche die Würfelform sehr deutlich zeigen. Deren Oberfläche ist rauh und drusig. Die Umwandlung war vollständig; denn die Krystalle zeigten beim Spalten keine Spur von Bleiglanz. In einem zweiten Exemplar aus der Grube *Aurora* bei *Dillenburg* zeigte sich eine gänzliche Umwandlung der Bleiglanz-Cubooctaëder in ein Aggregat von Kryställchen kohlensauren Bleioxyds, welches die ganze Form des Bleiglanzes erfüllte. Doch scheint auch hier der, auf der Oberfläche der Krystalle in Menge vorhandene Eisenocher die Krystallumrisse vollständig erhalten zu haben; denn so häufig die Entstehung des kohlensauren Bleioxyds aus Bleiglanz zu verfolgen ist, so selten erhält sich die Form. Sie verschwindet in der Regel mit der Umwandlung, und nur ein zufälliger Ueberzug mit einer fremden Substanz möchte sie erhalten haben. Eine dritte Stufe von *Markirchen* im *Elsafs* zeigte Bleiglanz - Cubooctaëder, die entweder hohl und im Innern mit Krystallen von kohlensaurem Bleioxyd besetzt, oder mit einem Gemenge aus diesem und aus Bleiglanz erfüllt sind. Die feste Rinde dieser Krystalle besteht zum Theil aus Bleiglanz, zum Theil und meist aus dichtem Brauneisenstein. Mit diesen Pseudomorphosen finden sich auch Krystalle von dichtem Brauneisenstein, im Innern mit Eisenocher ausgefüllt, in der Rhomboëderform des Eisenspath. Die Kohlensäure des letzteren ist verschwunden und hat, wie Blum vermuthet, zur Bildung des kohlensauren Bleioxyds beigetragen.

---

*) Die Pseudomorphosen S. 183 ff.

Obgleich das Vorstehende die Umwandlung des Bleiglanzes in kohlensaures Bleioxyd mit Beibehaltung der Form entschieden zeigt: so ist es doch schwierig, sich eine richtige Vorstellung von diesem Umwandlungsprocesse zu machen. Es ist wahr, selbst schwache Säuren, wie Essigsäure, greifen den Bleiglanz etwas an. Man könnte daher auch von kohlensauren Gewässern einen solchen Angriff vermuthen; als ich indeſs fein gepülverten Bleiglanz vier Wochen lang dem Strome feuchten Kohlensäuregases aus einer Quelle, welche in 24 Stunden ungefähr 700 Pfd. Gas liefert, aussetzte, lieſs weder das äussere Ansehen, noch die chemische Analyse die mindeste Veränderung erkennen. Als freilich Kohlensäuregas und Wasserdämpfe über glühenden Bleiglanz strömten, zeigte sich eine Zersetzung durch Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas; allein solche Vorgänge lassen sich in den obern Teufen von Gängen, in denen diese pseudomorphischen Processe von Statten gehen, nicht voraussetzen. Die Möglichkeit, daſs solche Zersetzungsprocesse, welche in erhöhter Temperatur rasch erfolgen, auch in gewöhnlicher Temperatur während langer Zeiträume vor sich gehen, läſst sich nicht bezweifeln. Daher könnten wohl Gewässer, welche auch nur die gewöhnliche Menge Kohlensäure enthalten, in langen Zeiträumen den Bleiglanz unter Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas in kohlensaures Bleioxyd umwandeln. Daſs es jeden Falls Tagewasser sind, welche diese Umwandlung bewirkt haben und noch bewirken, zeigt das häufige Vorkommen des kohlensauren Bleioxyds in den höheren Teufen der Gänge, und des unzersetzten Bleiglanzes in den tieferen.

Das Vorkommen des Bleivitriols in der Form von Bleiglanz zeigt noch einen andern Proceſs, wodurch die Verdrängung des Bleiglanzes durch Quarz erfolgt sein konnte. Haidinger *) beschreibt compacte Massen von Bleivitriol aus Gängen zu *Leadhills* in *Schottland*, die durch Zersetzung von Bleiglanz entstanden sind und noch in den Blätterdurchgängen Spuren von Rissen zeigen. Aber auch ganze Würfel von Bleiglanz hat man im *Rammelsberg* am *Harz* in Bleivitriol umgewandelt gefunden. Die mit dieser Umwandlung ver-

*) Poggend. Ann. B. XI. S. 367.

knüpfte Aufnahme von Sauerstoff mufste eine Volumen-Zunahme bewirken, welche, wie Blum bemerkt *), wohl der Grund ist, warum die Formen des, einer solchen Veränderung ziemlich häufig unterworfenen Bleiglanzes so selten erhalten sind **). Diese Volumen-Zunahme ist sehr bedeutend; denn sie beträgt das 1½fache von dem ursprünglichen Volumen des Bleiglanzes.

Haidinger ***) beschreibt eine Stufe von *Leadhills* in der Form von grofsen, völlig erkennbaren, aber auf der Oberfläche rauhen Krystallen des Bleivitriols, welche aus einem körnigen Aggregat von kleinen Krystallen von Weifsbleierz bestehen. Eine ähnliche Stufe von der Grube *Neuglück* im *Schwarzwald* fand Blum †). Sie besteht aus einem Gemenge von Bleiglanz, Flufsspath und Quarz, und bildet nach der obern Seite hin einen Theil einer Druse, die ganz von Quarzkrystallen bedeckt ist, auf denen wieder Barytspath, kohlensaures Bleioxyd und Pseudomorphosen dieses Carbonats nach Bleivitriol sitzen. Auch eine Umwandlung des Bleisulphocarbonats (Leadhillit) in kohlensaures Bleioxyd beobachtete Haidinger.

Damit ist die Möglichkeit gegeben, wie, nach einer Umhüllung von Bleiglanzkrystallen durch Quarz, das Schwefelblei in schwefelsaures Bleioxyd und dieses wieder in kohlensaures Bleioxyd umgewandelt, und letzteres, oder auch das schwefelsaure Bleioxyd als solches, von den Gewässern fortgeführt werden kann. Es mag geschehen, dafs es gar nicht zur Ausbildung von eigentlichen Pseudomorphosen kommt, sondern dafs jedes Partikelchen von schwefelsaurem Bleioxyd oder von kohlensaurem Bleioxyd sogleich nach der Umwandlung fortgeführt wird; denn beide Bleisalze sind löslich, wenn auch schwerlöslich im

*) A. a. O. S. 32.

**) Plattner zeigte mir Bleivitriol, künstlich durch Oxydation des in Röststätten sublimirten Schwefelbleis entstanden, der die Form des letzteren beibehalten hat. Diese Umwandlungspseudomorphosen können daher auf trocknem wie auf nassem Wege von Statten gehen.

***) A. a. O. S. 369.

†) Nachtrag S. 99.

Wasser. Es ist dann eine Verknüpfung verschiedener Umwandlungs- und Verdrängungs-Processe. Eine solche Verknüpfung zeigen auch die Stufen von *Neuglück* und von *Herrensegen* (S. 1314). In letzterer wurden, ausser dem Bleiglanz, noch andere Substanzen, die jedoch nicht deutlich erkennbar sind, umhüllt und verdrängt.

Was insbesondere die Umwandlung des schwefelsauren Bleioxyds in kohlensaures Bleioxyd betrifft: so kann dieselbe durch kohlensaure Alkalien in den Gewässern erfolgen, wodurch jenes in dieses und in schwefelsaure Alkalien, die fortgeführt werden, zerfällt. Die Zersetzung der Sulphate von Zinkoxyd, Eisenoxydul und Kupferoxyd durch sauren kohlensauren Kalk (S. 1202) berechtigte zur Vermuthung, dafs auch das schwefelsaure Bleioxyd durch dieses Carbonat zersetzt werden kann. Diese Vermuthung hat sich durch folgenden Versuch bestätigt.

Um das schwerlösliche schwefelsaure Bleioxyd etwas leichtlöslicher im Wasser zu machen, wurde diesem etwas essigsaures Ammoniak zugesetzt, welches auf das Resultat des Versuches selbst keinen Einflufs haben konnte. Diese Lösung wurde im Ueberschusse zu einer Lösung von saurem kohlensaurem Kalk gesetzt. Es entstand sogleich ein weisser Niederschlag, der, auf's Filtrum gebracht, so lange ausgewaschen wurde, als die abfiltrirte Flüssigkeit noch auf Schwefelwasserstoffgas reagirte. Er bestand aus kohlensaurem Bleioxyd. Aus der abfiltrirten Flüssigkeit wurde das überschüssige schwefelsaure Bleioxyd durch Schwefelwasserstoffgas niedergeschlagen und die vom Niederschlage abfiltrirte Flüssigkeit gekocht. Sie trübte sich nicht; es war daher kein saurer kohlensaurer Kalk mehr vorhanden; sie enthielt aber schwefelsauren Kalk. Schwefelsaures Bleioxyd und saurer kohlensaurer Kalk hatten sich also vollständig in Gyps und kohlensaures Bleioxyd umgesetzt.

Es ist wichtig, abermals (vergl. B. II. S. 809. 1144 ff. 1202) zu sehen, wie der saure kohlensaure Kalk ein so kräftiges Zersetzungsmittel so vieler Mineralien ist. Da er kaum in irgend einem Quellwasser fehlt: so begreifen wir die Allgemeinheit von Zersetzungsprocessen, wobei dieses Carbonat eine Hauptrolle spielt. Beachten wir die grofse Zahl von

Verdrängungspseudomorphosen nach Kalkspath: so begreifen wir, wie selbst kalkfreie Gewässer durch solche Verdrängungen kalkhaltig werden. Gewässer, welche kohlensauren Kalk verdrängt haben, erlangen daher die Fähigkeit, wieder neue Umwandlungen und Zersetzungen zu bewirken. Das Unerklärliche in dem mannichfaltigen Spiel der chemischen Processe auf Gängen und in Drusenräumen, so lange man an plutonischen Wirkungen oder an Wirkungen durch Temperatur-Differenzen festhält, schwindet immer mehr, wenn man den Gehalt der Gewässer an mineralischen Bestandtheilen und die Wandelbarkeit dieses Gehalts durch mannichfaltige Austauschungen im Auge behält. Was aber in Gängen, in den Hauptcanälen der Gewässer, unter den günstigsten Verhältnissen vor sich geht und auf eine augenscheinliche Weise erkannt werden kann, das geht auch in Gebirgsgesteinen von Statten, und um so mehr, je mehr dieselben wasserdurchlassend sind. Man kann die Plutonisten, welche sich noch immer abmühen, plutonisch metamorphische Processe zu vertheidigen, nicht genug auf solche Verhältnisse, welche sie erkennen müssen, wenn sie nicht ihre Augen absichtlich verschliefsen, aufmerksam machen. Man kann nicht oft genug wiederholen, wie gerade die verbreitetsten Bestandtheile der Gewässer, der kohlensaure Kalk und die Kieselsäure, die wichtigste Rolle in den metamorphischen Processen dadurch spielen, dafs jener so häufig verdrängt wird, und diese noch häufiger andere Substanzen verdrängt.

Nur ganz kurz berühren wir die Pseudomorphosen von

### Quarz nach Scheelit, nach Eisenglanz und nach Eisenkies und von Chalcedon nach Pyromorphit.

Nöggerath*) beschreibt Quarz in Formen von Scheelit, und Blum**) Quarz in Formen von Eisenglanz und Eisenkies (S. 1260), und Pyromorphitkrystalle mit einer Chalcedonrinde überzogen, die im Innern theils leer, theils noch erfüllt sind. Die Fortführung des Pyromorphit kann sehr ein-

*) N. Jahrbuch f. Min. u. s. w. 1838. S. 307.

**) A. a. O. S. 240 und 248.

fach gedacht werden durch Gewässer, welche alkalische Carbonate enthalten.

## Quarz nach Heulandit und nach Stilbit.

Haidinger und Blum *) führen solche Pseudomorphosen an. Die von Quarz nach Heulandit sind mehr oder weniger hohl und die Wände ganz zackig. Die von Quarz nach Stilbit zeigen ein Aggregat von Quarz, welches die blättrige Structur der früheren Substanz wahrnehmen läfst. In einem anderen Exemplar sind viele Krystalle mit einer rauhen Quarzkruste überzogen, während das Innere zerstört, theils hohl, theils mit derselben Quarzmasse erfüllt ist. Blum ist der Ansicht, dafs die Thonerde, die Kalkerde und das Wasser dieser Zeolithe durch einen Auslaugeprocefs fortgeführt wurden, und dafs die Kieselsäure zurückblieb. Die hohle Beschaffenheit würde dafür sprechen, da die Kieselsäure ungefähr 60 Proc. im Heulandit und Stilbit ausmacht, wenn man sich nur vorstellen könnte, dafs die Thonerde für sich von Gewässern fortgeführt werden könnte; denn von der Kalkerde ist diefs leicht zu begreifen. Uns scheinen diese Pseudomorphosen das Gepräge der Verdrängungspseudomorphosen überhaupt zu tragen, und da sich diese Zeolithe unstreitig aus Gewässern abgesetzt haben: so konnten sie auch als solche von denselben fortgeführt werden. Es mag aber sein, dafs sich hierbei der Kalk in Carbonat umwandelte und dafs dieses Carbonat theils fortgeführt wurde, theils zurückblieb. Dafür spricht, dafs in einer dieser Pseudomorphosen Quarzlagen mit Kalkspathlagen wechseln.

Blum führt zur Bekräftigung seiner Ansicht an, dafs sehr häufig in den Blasenräumen der Mandelsteine ganz poröse Massen einer Art Kieselsinter vorkommen, der ebenfalls von der Auslaugung verschiedener Zeolithe, besonders von Chabasit, Stilbit und Laumontit herrühren soll. Die Chabasitkrystalle sind nicht selten mehr oder weniger angegriffen, manchmal ganz zerstört, wobei nur eine Masse von zerfressenem Quarz zurückbleibt.

---

*) Nachtrag S. 11 ff.

Vielleicht dafs eine chemische Untersuchung dieser angegriffenen Chabasitkrystalle zur Erklärung des Vorgangs führt. Sollten dieselben nicht blofs von ihrem Kalk, sondern auch von ihrer Thonerde verloren haben: so würde diefs sehr für Blum's Ansicht sprechen. So lange aber diefs nicht nachgewiesen ist, müssen wir die Zersetzung des Feldspath und, im vorliegenden Falle, die des Labrador (S. 1080) als maafsgebend für die Zersetzung derjenigen Zeolithe halten, welche mit der qualitativen Zusammensetzung des Labrador übereinstimmen. Bei dieser Zersetzung zeigt sich aber keine Abnahme der Thonerde.

## Chalcedon nach Datolith.

Diese Pseudomorphose, welche sich in den Eisensteingruben von *Hay-Tor* in *Devonshire* findet, und von Tripe Haytorit benannt wurde, enthält nach Wöhler *) 98,5 Proc. Kieselsäure. A. Levy hielt dieses Mineral für eine pseudomorphe Bildung von Chalcedon nach Datolith, und damit stimmen seine Formen und sein chemischer Gehalt. Die Krystalle sind hohl und meist dünn, die Bruchflächen drusig wie beim Chalcedon. Da der Datolith selbst einer Zersetzung unterworfen ist, wie der von *Niederkirchen* in *Rheinbaiern*, und 38 Proc. Kieselsäure enthält: so läfst sich, wie Haidinger und Blum bemerken, wohl denken, wie allmälig Kalkerde und Borsäure durch Kieselsäure ersetzt werden können. Diese Umwandlung müfste so langsam vor sich gegangen sein, dafs die Flächen der Zusammensetzung zwischen den verschiedenen Individuen, welche beim Datolith stets so deutlich sind, eben so geblieben wären.

Die Schwierigkeit, welche bei den Quarzpseudomorphosen nach Heulandit und nach Stilbit entgegentritt, wenn man sich dieselben als Umwandlungspseudomorphosen denken will, begegnet uns bei den vorstehenden Pseudomorphosen nicht, weil die Borsäure und die Kalkerde des Datolith von den Gewässern, mit Zurücklassung der Kieselsäure, fortgeführt werden können. Sollte der Chalcedon 38 Proc. vom zersetzten

*) Poggend. Ann. B. XII. S. 136.

Datolith betragen: so könnte er blofs ein Ausscheidungsproduct sein. Sollte er mehr betragen: so müfste entweder die Kieselsäure der Gewässer gegen die Borsäure und die Kalkerde im Datolith ausgetauscht, oder der ganze Datolith würde durch Kieselsäure verdrängt worden sein. Sollte die Pseudomorphose damit begonnen haben, dafs der Kalk des Datolith zu Carbonat geworden wäre: so würde eine Verdrängung dieses kohlensauren Kalks durch Kieselsäure nicht zu bezweifeln sein. Eine chemische Untersuchung mehr oder weniger zersetzter Datolithe würde vielleicht zur Kenntnifs dieser pseudomorphen Processe führen.

### Hornstein nach Glimmer.

Auf den Erzgängen zu *Zinnwald* in *Böhmen* finden sich nach Reufs *) Hornsteinkrystalle in der Form von Glimmer. Sie sind drusig, hohl und sitzen auf Quarz.

---

Die Quarzpseudomorphosen bestätigen das, was oben über die Quarzbildung gesagt wurde. Die Quarzausscheidung durchläuft alle Bildungsperioden. Der Bildung des Feldspath folgte die allmälige Zerstörung desselben, und damit die Quarzausscheidung. Als sich nur eben die Grauwacke im Meere abgesetzt hatte, begann die allmälige Zersetzung ihres feldspathigen Gemengtheils und die theilweise Ausscheidung seiner Kieselsäure. Diese Ausscheidung fuhr fort, als sich die Grauwacke nach und nach aus dem Meere erhob, und findet noch heute Statt, wie der Kieselsäure-Gehalt in den aus der Grauwacke kommenden Quellen zeigt. Die ausgeschiedene Kieselsäure wurde theils durch die Gewässer fortgeführt, theils setzte sie sich in den entstandenen gröfseren und kleineren Spalten ab, und sie würde sich noch jetzt darin absetzen, wenn etwa durch ein Erdbeben neue Spalten entständen. Was von der Grauwacke gilt, hat auch Bezug auf jedes Gestein, welches Feldspath oder feldspathige Ueberbleibsel enthält **).

---

*) Die Pseudomorphosen S. 253.

**) In einem Geschiebe von rothem quarzführenden Porphyr fand ich

Daher erscheint auch der Quarz in fast allen Gangformationen theils und am häufigsten als ältestes Gebilde, theils als jüngstes, wenn in den Gängen Silicate (Feldspath, Granat, Augit, Hornblende u. s. w.) vorkommen, durch deren Zersetzung Quarz ausgeschieden wurde *), und theils als Verdrängungsmittel. In der edlen Quarzformation ist der in vorwaltenden Massen auftretende Quarz gewöhnlich mit dem Nebengestein fest verwachsen, und verzweigt sich nicht selten in dasselbe **): ein deutliches Kennzeichen seiner Abstammung.

Die grofse Zahl von Quarzpseudomorphosen nach anderen Mineralien zeugt ganz besonders für die fortwährende Quarzausscheidung. Die in Gängen vor sich gegangene Verdrängung grofser Massen von Kalkspath, Barytspath und Flufsspath läfst schliefsen, dafs einst eine Zeit kommen werde, wo diese Gangmassen in allen Gängen, welche in feldspathhaltigen Gesteinen aufsetzen, durch Quarz verdrängt worden sein werden.

Oben (S. 891) haben wir gesehen, wie Kieselsäure auch den Pflanzen oft in bedeutender Menge zugeführt wird, und wie also die durch die dünne Schicht der Dammerde dringenden Gewässer sie den darin enthaltenen Silicaten entnehmen.

Wächst auf 1 Quadratmeter Wiesenfläche durchschnittlich 1 Pfd. Heu ***): so wird einer solchen Fläche $\frac{1}{50}$ Pfd. Kieselsäure jährlich entzogen. Enthält das Wasser, welches vom Gras aus dem Boden aufgenommen wird, so viel Kieselsäure, wie das oben (S. 1240) angeführte Quellwasser: so müssen auf einem Quadratmeter jährlich 763 Pfd. eines solchen Wassers in das Gras übergehen. Diefs würde ungefähr

---

einen der grofsen Quarze zersprungen und die Spalte mit frischer Quarzmasse ausgefüllt. Es mag sein, dafs diese Ausfüllung erst nach der Trennung vom Gebirgsgesteine statt gefunden hat.

*) So in der Augit-Granat-Pyrit-Blende-Formation, welche eine der ältesten, ja vielleicht die älteste unter allen Erzgängen ist. Breithaupt Paragenesis S. 134 ff. Ebenso in der Titan-Formation, in welcher Albit und Adular älter sind, als der Quarz. Ebend. S. 137 ff.

**) Ebend. S. 148.

***) Liebig's Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur Aufl. VI. S. 14.

$\frac{2}{5}$ von der Wassermenge sein, welche in einem Jahre aus der Atmosphäre niedergeht. Wir brauchen also keineswegs eigenthümliche Processe in der Dammerde anzunehmen, wodurch Kieselsäure aufgelöst wird; die Menge, welche wir in süfsen Quellen finden, verglichen mit den aus der Atmosphäre niedergehenden Gewässern reicht vollkommen für den Bedarf der Pflanzen hin. Setzt sich aber die Kieselsäure, statt im Heu oder Stroh, als ein Quarzlager ab: so wird ein solches Lager in 78705 Jahren eine Mächtigkeit von 1 Fufs erreichen. Nehmen wir lange Zeiträume zu Hülfe: so können wir uns die Bildung der mächtigsten Quarzlager auf diese Weise denken, und sie mufs erfolgen, weil die Auflösung der Kieselsäure nicht in's Unbegrenzte fortschreiten kann.

Quarzausscheidung ist demnach ein Procefs, der seit den frühesten Erdbildungs-Perioden ununterbrochen fort auf der Erdoberfläche von Statten gegangen ist, und noch, und selbst in der Dammerde von Statten geht. Nur daraus ist das Vorkommen des Quarzes in seinen verschiedenen Formen und Modificationen im Mineralreiche zu erklären.

---

## Nachtrag zu S. 1274.

Ein weifses zartes Pulver, welches sich aus grob gepülvertem bunten Sandstein (aus der Gegend von *Oppenheim*) leicht abschlämmen läfst, und das wahrscheinliche Bindemittel desselben ist, fand ich zusammengesetzt aus:

| | |
|---|---|
| Kieselsäure . . . . . . . | 76,86 |
| Thonerde . . . . . . . | 14,95 |
| Eisenoxydul . . . . . | 4,99 |
| Kalkerde . . . . . . . . | 3,20 |
| | 100,00 |

---

## B. Eisen- und Manganerze.

Von der Bildung und von dem Vorkommen der Eisenerze war schon an mehreren Orten (B. I. S. 882 ff. 901 ff. 917 ff. 940 ff. B. II. 568. 806 ff. 812 ff. 830. 880. 959. 964 ff. 1060 ff. 1080 ff.) die Rede. Hierüber ist in diesem Kapitel nur wenig mehr zu sagen. Alle Eisenerze in Gängen und Lagern sind entweder unmittelbare Absätze aus Gewässern, oder aus denselben durch Verdrängung anderer Substanzen abgesetzt worden. Es giebt wohl kein sedimentäres Gebirgsgestein, welches ganz frei von Eisenoxydul wäre. Selbst in den rothgefärbten bunten Sandsteinen fand ich bedeutende Quantitäten Eisenoxydul. Für Eisenerzgänge in denselben, wie z. B. für die mächtigen bei *Schlettenbach* und *Bergzabern* in *Rheinbaiern* *), war daher im Nebengesteine Material genug vorhanden. Und sollte ein Gestein nur Eisenoxyd enthalten: so wird diefs durch organische Substanzen zu Oxydul reducirt, und die dadurch entstehende Kohlensäure verwandelt es in Carbonat. Daher sind auch die sedimentären Gesteine die Hauptlagerstätten der Eisenerze.

Durch Sublimation ist gewifs nie ein Gang mit Eisenerz erfüllt worden. Die Sublimation von Eisenglanz im Krater des *Vesuv's* ist eine locale Erscheinung, welche, wie Mitscherlich zeigte **), ohne Mitwirkung des Wassers nicht erfolgen kann.

Es giebt nur Umwandlungen der Eisenerze unter sich, nicht aber Umwandlungen der Eisenerze in andere Mineralien. Alle Eisenerze sind Zersetzungsproducte eisenhaltiger Mineralien, und da kaum irgend welche ganz eisenfrei sind: so können die verschiedenartigsten diese Erze liefern. Verdrängt werden die Eisenerze durch Quarz, Hornstein, Graphit, Psilomelan und Chlorit. Von jenen drei Verdrängungen war schon früher (B. II. S. 70 ff. und S. 1304) die Rede; die Verdrängung durch die letzteren folgen.

### Psilomelan nach Würfelerz.

In der Gegend von *Schöllgrippen* im *Spessart* kommt auf

*) v. Leonhard n. Jahrb. 1845. S. 1 ff.

**) Poggend. Ann. B. XV. S. 630.

einem Brauneisensteingang Würfelerz mit einem Ueberzuge von Psilomelan häufig vor. Diese Umhüllungspseudomorphosen sind aussen und innen meist rauh und uneben, meist noch mehr oder weniger erfüllt, selten ganz hohl *). Der überaus schwerlösliche Psilomelan verdrängt hier das viel weniger schwerlösliche arseniksaure Eisenoxyduloxyd; aber ohne Zweifel ist er von den Gewässern als kohlensaures Manganoxydul abgesetzt worden, und durch höhere Oxydation erst in Psilomelan übergegangen.

## Chlorit nach Magneteisen.

Sillem **) beschreibt verschiedene, neuerdings am *Büchenberg* am *Harz* vorgekommene pseudomorphe Chlorite. In einem Stück dichten Chlorits, mit Kalkspathadern durchzogen, liegt ein nach der rhomboëdrischen Axe verlängertes Dodecaëder, wahrscheinlich ursprünglich Magneteisen in Chlorit umgewandelt. Der Krystall ist, wie die ganze Masse, dunkel schwärzlichgrün, schimmernd, scharfkantig mit ziemlich ebenen Flächen und ohne Spuren von Theilbarkeit. An einem Ende ist Kalkspath eingedrungen. Auf einer ähnlichen Stufe dichten Chlorits, mit Kalkspath gemengt, finden sich Octaëder in Chlorit umgewandelt. Sillem trägt kein Bedenken, diese Umwandlung als Pseudomorphose nach Magneteisen zu betrachten, da dieses, obgleich so viel ihm bekannt, nicht krystallisirt am *Büchenberg* gleichfalls vorkommt. Aehnliche Umwandlungen finden sich am *Schwarzenstein* im *Zillerthal*. Die mit Chlorit bedeckten Magneteisenkrystalle von *Fahlun* betrachtet er als noch nicht vollendete Pseudomorphosen. Auf der einen Octaëderfläche eines zersprengten Krystalls zeigt sich eine, mehrere Linien dicke Lage von Chlorit, während die andern Flächen nur mit einer dünnen Lage bedeckt sind. Der Chlorit ist nicht scharf vom Magneteisen gesondert, und die Flächen des ursprünglichen Krystalls sind rauh und zerfressen. Im Innern ist das Magneteisen theils metallisch glänzend, theils aber matt und bräunlich schwarz. Die Magneteisen-

*) Blum die Pseudomorphosen S. 266.

**) N. Jahrbuch für Min. 1851. S. 395 ff. und 400.

krystalle aus *Tyrol* enthalten an ihrer Oberfläche häufig Chlorit in kleinen Löchern. Wahrscheinlich ist diefs der Anfang der Veränderung.

Es ist nicht wahrscheinlich, dafs hier eine Umwandlung statt gefunden habe, und dafs das Eisenoxydul im Chlorit von Magneteisen herrühre; mehr Wahrscheinlichkeit hat es, dafs dieses vom Chlorit verdrängt worden sei. Die bräunlich-schwarze Färbung jenes Magneteisens von *Fahlun* zeigt eine theilweise Umwandlung in Eisenoxydhydrat an.

### Chlorit nach Brauneisenstein

kommt nach Sillem, an demselben Orte vor. Nierenförmig strahliger Brauneisenstein ist mit Beibehaltung der Structur in blätterigen Chlorit umgewandelt. Im Innern der kugeligen Absonderungen findet sich Eisenocher mit Chloritschuppen gemengt, aussen ein Ueberzug theils von Eisenocher, theils von mehr dichtem Brauneisenstein.

## Eisenerze in Formen verschiedener Mineralien.

Nächst dem Quarz und seinen verschiedenen Modificationen sind es die Eisenerze, welche die meisten Mineralien verdrängen. Wir kennen 26 Mineralien, welche durch Eisenerze verdrängt werden. In Quellen, Flüssen und im Meere kommen das kohlensaure Eisenoxydul und der Eisenvitriol vor. Dieser gehört zu den Seltenheiten; jenes fehlt aber kaum in irgend einem Wasser. Aus einer solchen allgemeinen Verbreitung des Eisens in Gewässern ist die grofse Zahl von fremden Krystallformen zu begreifen, in denen die Eisenerze erscheinen; denn es wurde schon S. 1152 u. a. a. O. bemerkt, dafs Eisenoxyd, Eisenoxydhydrat und Eisenkies nicht im Wasser gelöst gedacht werden können. Wir müssen diefs jedoch dahin modificiren, dafs doppeltkohlensaure Alkalien Eisenoxydhydrat auflösen. Daher könnte wohl dieses als solches in manchen Fällen andere Mineralien verdrängt haben und noch verdrängen. Kohlensaure Kalkerde und kohlensaure Magnesia scheinen, wie die obigen Versuche (B. I. S. 875

und 876) zeigen, gleichfalls auflösend auf Eisenoxydhydrat zu wirken. Sollte sich diefs durch weitere Versuche bestätigen: so würde die allgemeine Verbreitung dieser Carbonate in Gewässern zur Vermuthung berechtigen, dafs die Verdrängung durch Eisenoxydhydrat keineswegs ein seltener Procefs wäre *).

## Eisenspath, Brauneisenstein, Eisenoxyd, Eisenkies und Strahlkies nach Kalkspath.

Die Verdrängungspseudomorphose des Eisenspath nach Kalkspath haben wir schon B. II. S. 823 u. 1150 betrachtet.

Die Verdrängungspseudomorphosen des Brauneisensteins nach Kalkspath aus einer Grube bei *Steben* **) haben eine unebene und meist klein nierenförmige Oberfläche und abgerundete Kanten. Im Innern sind sie mehr oder weniger hohl, rauh und drusig; sie enthalten noch einen Kalkspathkern, oder dieser ist auch ganz verdrängt. In den Pseudomorphosen aus den Magnetkies-Lagerstätten, bei *Bodenmais*, hat sich bei der Umhüllung der Krystalle der Brauneisenstein meist in der Richtung der Blätterdurchgänge des Kalkspath angesetzt. Mitten in der innern Masse finden sich manchmal Eisenkieswürfel. Auch scheinen feine Eisenkiestheilchen mit dem Brauneisenstein gemengt zu sein; bei Behandlung mit Salzsäure blieb wenigstens viel Eisenkies zurück. Eine Stufe von *Bodenmais* bestand gröfstentheils aus Magnetkies, dem Quarzkörner und

---

*) Eisenoxydhydrat direct in Gewässern nachzuweisen, möchte sehr schwierig sein, da beim Abdampfen derselben kohlensaures Eisenoxydul stets als Eisenoxydhydrat niederfällt. Es ist daher nicht zu entscheiden, ob dieser Niederschlag vom Carbonat herrührt, oder ob er als solcher aufgelöst war. Vielleicht dafs durch Verdunstung eines Theils des Wassers in gewöhnlicher Temperatur die Frage entschieden werden könnte, indem die höhere Oxydation des kohlensauren Eisenoxydul und die Abscheidung desselben als Eisenoxydhydrat der Zersetzung der alkalischen und erdigen Bicarbonate lange vorher geht. Jeden Falls verdient dieser Gegenstand auf das Sorgfältigste untersucht zu werden.

**) A. a. O. S. 291.

schwarzer Glimmer beigemengt waren. In einem Drusenraume fanden sich aber noch unversehrte Kalkspathkrystalle mit einem dünnen Brauneisenstein-Ueberzuge, Eisenkieswürfel, Sphärosiderit und Eisenocher, der die freien Stellen überzog. Blum *) hält dafür, dafs diese Mineralien aus einer Veränderung des Magnetkieses, welcher sich in Eisenkies und Eisen zerlegt und dieses sich durch Aufnahme von Sauerstoff, Wasser und Kohlensäure in Brauneisenstein und Sphärosiderit umgewandelt habe, hervorgegangen seien.

Dafs sich Magnetkies auf solche Weise zersetzen kann, werden wir weiter unten sehen; bezweifeln müssen wir jedoch, dafs der Eisenkies als solcher in den Drusenraum eingeführt wurde. Wohl aber kann der Magnetkies, nach seiner Oxydation, als schwefelsaures Eisenoxydul von Gewässern hineingeführt und bei Gegenwart von organischer Substanzen in Eisenkies umgewandelt worden sein. Da sich schwefelsaures Eisenoxydul und kohlensaurer Kalk gegenseitig zersetzen (S. 1201): so kann der Sphärosiderit auf Kosten des Kalkspath im Drusenraum entstanden, und durch spätere Oxydation theilweise in Brauneisenstein umgewandelt worden sein. Es ist aber auch denkbar, dafs durch eine solche Zersetzung schon in oberen Teufen kohlensaures Eisenoxydul entstanden, und dafs dieses mit dem schwefelsauren Kalk und mit organischen Substanzen in den Drusenraum durch Gewässer geführt worden ist. Dafs sich in einem Wasser, welches kohlensaures Eisenoxydul, ein schwefelsaures Salz und organische Substanzen enthält, Eisenkies bildet, haben wir oben (B. I. S. 918) gesehen. Waren schwefelsaures Salz und organische Substanzen nicht in hinreichender Menge zur Umwandlung des kohlensauren Eisenoxydul in Eisenkies vorhanden: so schied sich der Rest des Carbonat als Sphärosiderit ab.

Die Verdrängungspseudomorphosen von Eisenoxyd nach Kalkspath bieten interessante Verhältnisse dar.

Klüfte im Uebergangskalksteine in der Nähe von *Sundwig* in *Westphalen* sind, nach v. Dechen **), der Haupt-

*) Nachtrag S. 144.

**) Das Gebirge im Rheinland Westphalen B, II. S. 40. — Sollte

masse nach mit dichtem Eisenglanz oder dichtem Rotheisenstein, mit krystallisirtem Eisenglanz und Quarz erfüllt. Ausserdem finden sich Kalkspathkrystalle, die jetzt aus dichtem Eisenglanz bestehen, oft auch noch einen Kern von Kalkspath und Braunspath enthalten. Diese Pseudomorphosen, deren Oberfläche mit Rotheisenrahm überzogen ist, stehen aber niemals frei, sondern eine Masse umschliefst genau die oft grofsen Krystalle und stellt einen Abdruck derselben dar. Eine mächtige, gangartige Kalkspath-Masse an demselben Puncte macht es wahrscheinlich, dafs es nicht frei stehende Krystalle waren, sondern dafs sie in einer krystallinischen Masse von Kalkspath lagen. Hier sieht man nämlich eine ganze Lage von solchen Krystallen, welche ihre Spitzen rechtwinklig gegen die Fläche, worauf sie aufgewachsen sind, in die Höhe erheben, so dafs Kalkspath aber wiederum die Zwischenräume zwischen den Spitzen ausfüllt, und diese Krystalle so mit der ganzen Masse vereinigt.

Die zuweilen 3 bis 4 Zoll grofsen Pseudomorphosen besitzen meist glatte und ziemlich ebene Flächen und scharfe Kanten; sie sind meist hohl, und selten noch mit einem Kern von Kalkspath erfüllt. Die inneren Wände sind oft mit Quarzkrystallen bekleidet, oder es hat sich der Eisenglanz nach innen hin in kleinen Individuen ausgeschieden. Quarz, oder dieser und Eisenglanz zusammen, erfüllen manchmal den ganzen Krystall. Nicht selten findet man einen pseudomorphen Krystall über einem anderen. Es läfst sich jedoch leicht die obere Schale von dem Kerne ablösen, obwohl die Masse des oberen dicht an die des inneren Krystalls anschliefst. Ob diese

---

es ja noch nöthig sein, Gedanken an plutonische Pseudomorphosen zu verscheuchen: so darf man nur v. Dechen's Beschreibung, „wonach sich die Klüfte im Uebergangskalksteine, worin jene Pseudomorphosen vorkommen, durch ihr regelmäfsiges Streichen und Fallen wohl zuweilen gangartigen Lagerstätten nähern, dagegen die oft bauchige und kropfförmige Gestalt, das Abschneiden gegen geschlossenen Kalkstein, in dem auch nicht die geringste Spur einer durchsetzenden Kluft sichtbar ist, ganz dem widersprechen, was Gänge characterisirt", beachten. In solche geschlossene Räume kann nicht Pluto, wohl aber Neptun eindringen.

Erscheinung in der successiven Verdrängung des Kalkspath oder darin ihren Grund habe, dafs sich über die erste Umhüllungsmasse neuer Kalkspath ansetzte, der ebenfalls verdrängt wurde, ist, nach Blum *), schwer zu bestimmen. Vielleicht haben beide Vorgänge statt gefunden. Für den letzteren findet er schöne Andeutungen in dem Vorkommen des Kalkspath im *Eisenberg* bei *Brilon* in *Westphalen*. An einer Stufe kann man sehr deutlich drei verschiedene Bildungen von Kalkspath unterscheiden: jede ist von der anderen durch einen Ueberzug von Rotheisenstein getrennt. Die erste Kalkspathlage setzte sich auf dichtem Rotheisenstein ab, dessen Krystalle mit einer dünnen Rinde dieses Minerals überzogen wurden; darauf fand der zweite Absatz von Kalkspath statt, der ebenfalls mit einer Lage von Rotheisenstein bedeckt wurde, auf welche sich dann die letzte Kalkspathbildung legte, die oberflächlich durch feine Theilchen von Rotheisenstein roth gefärbt erscheint, gleichsam als hätte sich jener Procefs wiederholen wollen. Die Krystalle der früheren Bildung lassen sich übrigens leicht aus der Masse der später abgesetzten herauslösen. Angenommen, es sei, statt eines blofsen Ueberzugs von Rotheisenstein, eine förmliche Umhüllung mit Verdrängung des Kalkspath, und zwar mehrere Mal eingetreten: so möchte sich, meint Blum, die oben berührte Erscheinung dadurch erklären lassen.

Bei *Brésoir* im *Elsafs*, bei *Steben* im *Fichtelgebirge* und bei *Amönau* in *Oberhessen*, wo sich eben solche Pseudomorphosen finden, zeigen sich im Allgemeinen dieselben Erscheinungen. Bei denen von *Steben* liegt auf dem nierenförmigen Rotheisenstein zum Theil eine, aus sehr kleinen Kryställchen zusammengesetzte Quarzhaut. Die von *Amönau* werden von einer durch Eisenoxyd roth gefärbten, dicken Barytspath-Lage völlig bedeckt und umhüllt. Nach Ullmann **) sollen sich frei stehende Krystalle ohne alle Bedeckung äusserst selten finden. Die Barytspath-Hülle läfst sich ziemlich leicht von den Krystallen ablösen, wobei diese glatte Flächen und

---

*) A. a. O. S. 279.

**) Systemat. tabellar. Uebers. d. mineral. einf. Fossilien S. 298.

scharfe Kanten, jene sehr regelrechte Eindrücke zeigen. Diefs ist jedoch durch die Ablösung einer dünnen Schale von Eisenglanz bedingt, die fester am Barytspathe, als an der Masse der Krystalle hängt. Diese Ablösungsfläche deutet die Oberfläche der früheren Kalkspathkrystalle an. Zuerst wurden diese mit einer Eisenoxyd-Rinde überzogen, welche da, wo sie auflag, eine ganz glatte Fläche aus dichtem Rotheisenstein, nach aussen aber eine durchaus rauhe, drusige Form annahm, indem sich hier Eisenglanz in kleinen Krystallen bildete. Als der Kalkspath im Innern nach und nach verschwand, und sich hier ebenfalls allmälig Eisenoxyd an der glatten Fläche der Rotheisenstein-Rinde ansetzte, konnte hier der Zusammenhalt zwischen beiden Bildungen nicht sehr stark werden. Die spätere Barytspath-Bedeckung drang aber in jeden feinen, leeren Raum ein, welchen ihr die drusige Oberfläche der Umhüllungsmasse darbot, und verband sich dadurch so fest mit dieser, dafs sich bei einer gewaltsamen Ablösung eher beide Eisenoxydansätze von einander trennen, als jene. Die erste Umhüllungsmasse der Kalkspathkrystalle blieb daher im Barytspath zurück und bildete hier die erwähnten Eindrücke, welche der letztere für sich nicht geben konnte. Die zweite zeigt die Form des Kalkspath mit rothen ebenen Flächen und scharfen Kanten; letztere stehen aber zuweilen etwas vor. Der Barytspath ist jedenfalls erst in jenem Gange eingetreten, als ein grofser Theil der Kalkspathkrystalle schon vom Eisenglanze verdrängt war. Bisweilen werden hier auch noch wohl erhaltene Kalkspathe, aber ebenfalls von Barytspath umschlossen, angetroffen. Es könnte wohl sein, dafs dieser jene gegen Zerstörung schützte, besonders da er selbst nicht allein von Eisenoxyd gefärbt, sondern dieses auch auf seiner nierenförmigen Oberfläche erscheint, und theilweise in ihn eingedrungen war.

Blum führt noch viele Fundorte von Eisenoxyd in Formen von Kalkspath an. Auf der Grube *Gottsegne* im *Erzgebirge* kommen gleichfalls sehr schöne solcher Pseudomorphosen vor *). Alle diese Pseudomorphosen zeigen aber nichts wesentlich Verschiedenes von den oben angeführten. Dieses

*) Breithaupt Paragenesis S. 228.

so häufige Vorkommen ist sehr bemerkenswerth, und um so mehr, da Verdrängungspseudomorphosen von Eisenspath nach Kalkspath, die denen von Eisenoxyd nach Kalkspath wohl meist vorher gegangen sein möchten, so äusserst selten sind.

Sillem *) führt Sphärosiderit-Rhomboëder von *Stolberg* am *Harz* an, die gröſstentheils in Eisenoxyd, welches durch Aufnahme von Wasser an Ecken und Kanten in Eisenoxydhydrat übergeht, umgewandelt sind. Hiernach scheint ein unmittelbarer Uebergang aus kohlensaurem Eisenoxydul in wasserfreies Eisenoxyd statt zu finden.

Das häufige Vorkommen der Eisenerze, namentlich der Braun- und Rotheisensteine in Kalklagern und ihr Uebergang in diese, die Gegenwart gleicher Versteinerungen in den Eisenerzlagern, wie in den sie vertretenden Kalklagern (S. 1060 ff.) berechtigt zum Schlusse, daſs solche Eisenerzlager durch Verdrängung von Kalklagern entstanden sein können. (S. 1152). Eine Verdrängung derber Kalkmassen durch Eisenerze kann selbstredend mineralogisch nicht nachgewiesen werden.

Vom Vorkommen des Eisenkieses in Umhüllungspseudomorphosen nach Kalkspath fehlen zwar die näheren Angaben. Blum beschreibt aber solche Pseudomorphosen des Strahlkieses in Kalkspathformen, welche aussen rauh, drusig mit abgerundeten Kanten, im Innern meist ganz erfüllt, selten hohl sind, und gewöhnlich noch einen Ueberrest von Kalkspath enthalten (B. I. S. 932). Von ihrer wahrscheinlichen Bildungsart war schon oben (S. 1207) die Rede.

## Eisenspath, Brauneisenstein und Stilpnosiderit nach Bitterspath.

Von den Umhüllungspseudomorphosen des Eisenspath nach Bitterspath, welche bei *Rheinbreitbach* oberhalb *Bonn* auf Quarzgängen vorkommen, war schon früher (S. 1150) die Rede. Die Rinde, aus welcher sie bestehen, ist ein feinkörniges Aggregat von kohlensaurem Eisenoxydul. Ihre Oberfläche ist rauh und uneben, die Kanten sind ziemlich scharf**).

*) A. a. O. S. 391.

**) Blum a. a. O. S. 305.

Die Umhüllungspseudomorphosen von Brauneisenstein nach Bitterspath, aus den Eisenerzgängen bei *Geyer* in *Sachsen*, sind mehr oder weniger hohl und die Wände entweder glatt oder drusig und nierenförmig *).

Verdrängungspseudomorphosen von Stilpnosiderit nach Bitterspath finden sich auf Erzgängen zu *Ceilhes* in den oberen *Cevennen*. Ihre Oberfläche ist theils glatt, theils klein nierenförmig, und sie zeigen, wie auch die beiden vorhergehenden, die characteristischen sattelförmigen Biegungen des Bitterspath. Sie sind meist ganz hohl, und die Wände glatt oder auch nierenförmig **).

## Stilpnosiderit nach Zinkspath.

Von einer Pseudomorphose von Eisenoxydhydrat nach Zinkspath war schon oben (S. 1205) die Rede. Blum ***) beschreibt auch eine Verdrängungspseudomorphose von Stilpnosiderit nach Zinkspath aus dem *Altenberg* unweit *Aachen*. Sie sind mit einer dünnen Rinde von Kieselzink überzogen. Sprengt man diese Rinde ab, so treten die Pseudomorphosen scharf und deutlich hervor. Sie bestehen theils ganz aus Stilpnosiderit, theils sind sie mehr oder weniger hohl, oder sie umschliefsen noch einen gröfseren oder kleineren Kern von Zinkspath. Ausserdem zeigen diese Pseudomorphosen Spuren vielfacher Bildungen und Umbildungen. Zuerst entstanden in den Drusenräumen Zinkspathkrystalle; Stilpnosiderit verdrängte sie hierauf theilweise, und auf ihm setzte sich Kieselzink ab.

## Eisenspath, Brauneisenstein und Eisenkies nach Barytspath.

Blum †) beschreibt eine Pseudomorphose von Eisenspath wahrscheinlich nach Barytspath aus *Cornwall* und hofft, dafs durch nähere Untersuchungen die Frage, ob sie eine

---

*) Ebend. S. 293.

**) Nachtrag S. 142.

***) Nachtrag S. 143.

†) Nachtrag S. 146.

solche sei, mit Bestimmtheit entschieden werden möge. Da Brauneisenstein nach Barytspath nicht selten vorkommt: so kann man an der Möglichkeit dieser Pseudomorphose nicht zweifeln; denn so lange nicht die Gegenwart des Eisenoxydhydrat in Gewässern erwiesen ist, müssen wir alle Verdrängungen durch dieses und durch Eisenoxyd einer vorausgegangenen Verdrängung durch kohlensaures Eisenoxydul zuschreiben.

Auf den Gängen von *Przibram,* am *Ziegenberge* in *Sachsen* und im *Siegen'schen* u. s. w. kommen die Brauneisensteinpseudomorphosen nach Barytspath vor. Sie sind entweder hohl oder mit einer bräunlichgelben erdigen Masse erfüllt. In denen von *Przibram* ist die innere Seite glatt und mit einem ganz dünnen Anflug von Eisenkies überzogen. In den durch Verschwinden des schwefelsauren Baryt entstandenen Höhlungen finden sich stellenweise kleine Drusen von Braunspath, welche offenbar später als die Pseudomorphosen gebildet wurden. Die Pseudomorphosen aus dem *Siegen'schen* haben eine fein drusige oder nierenförmige Oberfläche und zeichnen sich dadurch aus, dafs die Seitenflächen mehrerer Krystalle wieder von einer durchsichtigen gelblichen Barytspathmasse umgeben werden *).

Von den Eisenkies - Pseudomorphosen in Formen von Barytspath aus den Erzgängen von *Przibram* berichtet Zippe**), dafs sie aufgewachsen sind auf einer Druse von Blende, auf welcher, als spätere Bildung, krystallisirter Eisenspath und über diesem die Pseudomorphosen sich finden. Die Formen derselben sind sehr scharfkantig, die Flächen jedoch feingekörnt und die dickeren Krystalle zuweilen hohl. Die Aussenfläche einer solchen Pseudomorphose von *Freiberg* ist, nach Blum, rauh und uneben, die aus einem Aggregat von ganz kleinen Eisenkieskrystallen bestehende Rinde sehr dünn, hohl und von ziemlich glatten Wänden. Vom Barytspath ist keine Spur mehr vorhanden; allein spiefsige Cölestinspathkrystalle sitzen hier und da einzeln und büschelweise auf den Pseudomorphosen, und gehen auch manchmal durch dieselben.

---

*) Blum Pseudomorphosen S. 288 ff.

**) Ebend. S. 298.

Dafs in den Erzgängen von *Przibram* früher Gewässer kohlensaures Eisenoxydul abgesetzt haben, ist gewifs; die Vermuthung liegt daher nicht fern, dafs diefs auch später geschehen sei. Dann würde dieses Carbonat und der durch organische Substanzen zersetzte Barytspath (S. 1309) das Material für die Eisenkiesbildung geliefert haben. Der schwefelsaure Strontian auf der zweiten Pseudomorphose rührt höchst wahrscheinlich vom fortgeführten Barytspath her, da er in diesem in geringen Mengen häufig enthalten ist. Aber sehr merkwürdig erscheint es, dafs der schwefelsaure Strontian, welcher bei weitem weniger schwerlöslich, als der schwefelsaure Baryt ist, zurückblieb und dieser fortgeführt wurde. Da man sich nicht denken kann, wie von zweien sich so sehr ähnlichen schwefelsauren Salzen das schwerlösliche fortgeführt werden und das minder schwerlösliche zurückbleiben sollte: so spricht diefs sehr für die Ansicht, dafs der schwefelsaure Baryt überhaupt nicht als solcher fortgeführt wird (S. 1308). Aber auch dann begreifen wir noch nicht, warum der Zersetzungsprocefs, etwa durch organische Substanzen, nur den schwefelsauren Baryt, nicht aber den schwefelsauren Strontian getroffen hat. Man sieht, wie sehr viel bei den Umbildungen im Mineralreiche noch zu erklären übrig bleibt, und wie nur durch fortgesetztes Studium der Pseudomorphosen auf mineralogischem und auf chemischem Wege der Schleier, welcher die meisten dieser Processe noch umhüllt, gelüftet werden kann.

## Brauneisenstein nach Gyps.

Eine solche Pseudomorphose beschreibt Haidinger*) aus den Räumen alter Bergwerke von *Zeyring* in *Steiermark*. Die Gypskrystalle waren anfangs von Brauneisenstein überrindet. Nach und nach wurde die Rinde dicker und der Gyps weggeführt. Auch in den Sprüngen im Innern der Krystalle und auf der spätern Oberfläche der Krystall-Ueberbleibsel setzten sich Brauneisenstein ab, so dafs das Ganze zellig erscheint.

---

*) Berichte üb. d. Mittheil. von Freunden der Naturwiss. in Wien 1849. B. V. S. 85.

## Brauneisenstein und Rotheisenstein nach Flufsspath.

Der Brauneisenstein findet sich in Formen von Flufsspath auf Eisenerzgängen bei *Geyer* und *Johann-Georgenstadt* in *Sachsen.* Diese Pseudomorphosen sind gewöhnlich hohl, oder mit kleintraubigem Brauneisenstein, auch mit körnigem Quarz, der sie auch aussen zum Theil umgiebt, ausgefüllt. Höchst selten findet sich in ihnen auch erdiger Flufsspath. Im Innern sind sie bisweilen drusig. Nach Freiesleben sind viele solcher Pseudomorphosen von *Geyer* mit sandigem, mürbem Feldspath erfüllt *), woraus man schliefsen möchte, dafs sich nach der Verdrängung des Flufsspath Feldspath in ihnen absetzte, der nachher zersetzt wurde. Diefs scheint also einer von den merkwürdigen und, nach neueren Entdeckungen, nicht mehr seltenen Fällen des Absatzes von Feldspath in Drusenräumen zu sein.

Umhüllungspseudomorphosen nach Flufsspath - Formen kommen in der Gegend von *Schwarzenberg* und *Johann-Georgenstadt* in *Sachsen* und bei *Amönau* unweit *Marburg* vor. Die Würfel von *Schwarzenberg* haben ziemlich ebene und scharfe Kanten. Innen enthalten sie stets mehr oder weniger Quarz, welcher sie auch ganz erfüllt, theils sind sie hohl und dann sind die Wände mit Quarzkrystallen bedeckt **).

## Brauneisenstein und Eisenkies nach Quarz

wurde schon oben (S. 1259) betrachtet. Die Bemerkung, dafs Eisenoxydhydrat nie in wässriger Auflösung vorkomme, erleidet nach obiger Andeutung (S. 1328) eine Modification.

## Brauneisenstein nach Blende und nach Bleiglanz.

Die Fortführung der Schwefelmetalle durch Gewässer,

*) Ebend. S. 290.
**) Ebend. S. 277.

nach ihrer Oxydation, ist leicht zu begreifen; denn kein Schwefelmetall widersteht derselben, und alle Tagewasser enthalten Sauerstoff absorbirt. Dafs sich in Gewässern, neben ihrem Sauerstoff, kohlensaures Eisenoxydul, ohne sich zu oxydiren, erhalten kann, zeigen die eisenhaltigen Mineralquellen, so wie jedes Quellwasser, in denen kaum jemals jenes Carbonat fehlt; denn auch diese Gewässer enthalten Sauerstoff und erst wenn sie der Einwirkung der atmosphärischen Luft ausgesetzt sind, fällt das Eisenoxydulcarbonat nach und nach als Eisenoxydhydrat nieder. Es ist daher zu begreifen, wie solche eisenhaltige Gewässer oxydirend auf die Schwefelmetalle wirken und die entstehenden schwefelsauren Salze in Auflösung fortführen können, während das kohlensaure Eisenoxydul sich absetzt und sich allmälig in Brauneisenstein umwandelt.

Nöggerath *) sah in *Freiberg* Brauneisensteinkrystalle in der Form von Blende von *Geyer*, und auch ich habe sie dort gesehen.

Schon oben (S. 1315) wurde bemerkt, dafs zuweilen ein Ueberzug von Brauneisenstein auf Bleiglanz dessen Form zu erhalten scheint, wenn sich derselbe in kohlensaures Bleioxyd umwandelt. Blum **) beschreibt aber auch Stufen aus den Erzgängen bei *Markirchen* im *Elsafs*, wo der Bleiglanz trotz jenes Ueberzugs verschwindet, und hohle Krystalle von Brauneisenstein zurückbleiben. Die Flächen und Kanten dieser Pseudomorphosen sind ziemlich glatt und scharf, die Wände im Innern drusig und umschliefsen bisweilen erdigen Eisenocher, manchmal mit kohlensaurem Bleioxyd gemengt. Der Bleiglanz scheint hier die oben (S. 1315) beschriebenen Umwandlungen erlitten zu haben, und als kohlensaures Bleioxyd fortgeführt worden zu sein.

## Brauneisenstein nach kohlensaurem Bleioxyd, nach Pyromorphit und nach Rothkupfererz.

Brauneisenstein in Formen von kohlensaurem Bleioxyd

---

*) N. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1838. S. 307.

**) A. a. O. S. 295.

fand Ullmann *) in der Grube *Alter Grimberg* im *Siegen'schen* auf einem Brauneisensteingang. Die Oberfläche dieser Pseudomorphosen ist rauh, die Kanten sind abgerundet; sie sind hohl und ihre Wände ziemlich glatt.

Bei *Montabaur* kommt auf Gängen Pyromorphit mit Brauneisenstein überzogen vor. Diese Umhüllungspseudomorphosen sind aufsen drusig und haben abgerundete Kanten. Im Innern befindet sich häufig noch ein Kern von Pyromorphit. Selten sind diese Krystalle ganz hohl. Aehnliche Pseudomorphosen finden sich auch bei *Badenweiler* und bei *Bleistadt* in *Böhmen* **).

Brauneisenstein, manchmal auch Stilpnosiderit, kommt in der Grube *Käusersteumel* im *Sayn'schen* auf Brauneisensteingängen in Formen von Rothkupfererz vor. Die Oberfläche dieser Krystalle ist fein nierenförmig und die Kanten sind zugerundet. Im Innern ist entweder noch die ursprüngliche Substanz oder gediegenes Kupfer vorhanden; äufserst selten sind sie ganz hohl.

Es ist nicht denkbar, dafs das Kupferoxydul als solches von den Gewässern fortgeführt wurde. Vielleicht wurde es durch Einwirkung von kohlensauren Gewässern in Kupferoxyd und metallisches Kupfer zersetzt, und jenes als Carbonat fortgeführt. Die Gegenwart des gediegenen Kupfers spricht dafür.

## Eisenkies und Strahlkies nach Schwarzgültigerz und Rothgültigerz.

Nach Zippe finden sich auf den Gängen von *Joachimsthal* in *Böhmen* Eisenkiespseudomorphosen nach Formen von Sprödglanzerz. Nach Blum gehören hierher auch wahrscheinlich die sechsseitigen Säulen von Schwefeleisen, welche man auf den Erzgängen bei *Freiberg* findet. Der Eisenkies wie der Strahlkies zeigen diese Formen; ja sie kommen sogar an demselben Krystall zuweilen vor. Diese Pseudomorphosen haben im Innern eine körnige Zusammensetzung und sind entweder ganz erfüllt, oder der Eisenkies hat sich in ihren hoh-

*) Ebend. S. 296.

**) Ebend.

len Räumen in Individuen ausgebildet. Sie werden von gediegenem Silber begleitet. Das Weitere hierüber bei Blum*).

Ueber Eisenkies- und Strahlkies-Pseudomorphosen nach Formen von Rothgültigerz giebt ebenfalls Zippe Nachricht**). Auch diese finden sich bei *Joachimsthal.* Die Strahlkieskrystalle sind meist klein und oft so nett, dafs man sie für wirkliche halten könnte; einige sind aber hohl und enthalten manchmal noch Reste des zerstörten Rothgültigerzes. Der Strahlkies ist fast stets ein Begleiter von lichtem Rothgültigerz. Oft sitzen die Krystalle desselben in den Drusenhöhlungen des derben Strahlkieses; die nierenförmigen Gestalten enthalten gewöhnlich einen Kern von Rothgültigerz. Die Pseudomorphosen bilden bisweilen Drusen von nierenförmiger Gestalt, in denen auch Rothgültigerzkrystalle, wie es scheint, als gleichzeitige, in ihrer Gestalt mit der des Strahlkieses übereinstimmende Bildungen vorkommen.

Es hält sehr schwer, sich richtige Vorstellungen von diesen Verdrängungsprocessen zu machen. Vielleicht dafs vergleichende Analysen der noch rückständigen Kerne von Rothgültigerz und des unveränderten Erzes aus der Nähe zur Kenntnifs der Zersetzungsprocesse führen. Wahrscheinlich lassen sich diese Verdrängungen auf die der Schwefelmetalle durch Brauneisenstein (S. 1338) zurückführen; denn auch hier dürfte das Eisenoxydhydrat oder das ursprüngliche kohlensaure Eisenoxydul das Verdrängungsmittel gewesen sein, und dieses sich erst später in Eisenkies oder Strahlkies umgewandelt haben. Im letzten Kapitel kommen wir auf die Zersetzungsprocesse, denen jene Silbererze unterliegen, zurück.

### Brauneisenstein nach Comptonit.

findet sich, nach Schüler, auf der Grube *Vater Abraham* bei *Schneeberg* in *Sachsen* ***).

---

*) Die Pseudomorphosen S. 300 ff.

**) Ebend. S. 303 und 304.

***) Ebend. S. 295.

Eine Parallele zwischen den Eisenerzen *) und dem Quarz in seinen verschiedenen Modificationen führt zu interessanten Vergleichungen. Kohlensaures Eisenoxydul (vielleicht auch Eisenoxydhydrat) und Kieselsäure, diese kaum in irgend einem Quellwasser u. s. w. fehlenden Bestandtheile sind es, welche die meisten und fast durchgängig dieselben Mineralien verdrängen. Sie verdrängen Carbonate (Kalkspath, Bitterspath, kohlensaures Bleioxyd), Barytspath, Flufsspath, Pyromorphit, Schwefelmetalle (Bleiglanz) und Zeolithe (die Kieselsäure verdrängt nämlich Heulandit und Stilbit, das Eisenoxydhydrat Comptonit). Die am meisten verbreiteten schwerlöslichen und darunter die schwerlöslichsten Salze, wie der Barytspath, und die Schwefelmetalle sind es also vorzugsweise, welche der Kieselsäure und den Eisenerzen Platz machen müssen. Bemerkenswerth ist, dafs sich Kieselsäure und Eisenerze gegenseitig gleichsam bekämpfen; denn Quarz verdrängt Eisenspath, Eisenglanz und Eisenkies, und Brauneisenstein und Eisenkies verdrängen Quarz. Schon oben (S. 1323) haben wir bemerkt, dafs Quarz einstens Kalkspath, Barytspath und Flufsspath, diese so frequenten Gangmassen, ganz verdrängt haben werde; wir fügen hinzu, dafs Quarz und Eisenerze sich darin gegenseitig unterstützen. Quarz und Eisenerze werden daher in künftigen Zeiten die allein herrschenden Gangmassen in den Erzgängen sein. Wir betrachten nun noch die mannichfaltigen Umwandlungen der Eisenerze unter sich.

## Brauneisenstein, Rotheisenstein und Magneteisen nach Eisenspath, und Brauneisenstein nach Ankerit.

Die durch den atmosphärischen Sauerstoff erfolgende Umwandlung des Eisenspaths in Brauneisenstein findet sich fast überall, wo dieser vorkommt. Es giebt Gänge und an-

*) Wir wählen diesen Namen, um damit die im Mineralreiche vorkommenden einfacheren Eisenverbindungen: nämlich Eisenoxyde, Eisenoxydhydrat, Eisensalze (Eisenspath, phosphorsaures und arseniksaures Eisenoxyd) und Schwefeleisen zu bezeichnen.

dere Eisenspath-Lagerstätten, die, von ihrem Ausgehenden an, manchmal in ganz grofser Strecke, zu Brauneisenstein geworden sind, während in gröfserer Teufe der reine Eisenspath noch vorhanden ist *). Solche Veränderungen erleidet selbst mancher frisch geförderter Eisenspath, wenn er einige Zeit dem Einflusse der Atmosphärilien ausgesetzt ist.

Die Umwandlung beginnt an der Oberfläche der Krystalle und der krystallinischen Massen. Die lichtgelbe Farbe des Eisenspaths wird allmälich bräunlich, dunkeler, zuweilen selbst schwarz. Die Durchscheinheit geht verloren, Glanz und Spaltbarkeit bleiben aber oft noch lange zurück. Der nach vollendeter Umwandlung entstandene Brauneisenstein ist porös, weil der Verlust der Kohlensäure mehr, als die Aufnahme von Sauerstoff und Wasser beträgt, so dafs Masse oder Volumen sich ungefähr um $\frac{1}{5}$ vermindern. In den Richtungen der vollkommnen Blätterdurchgänge finden sich manchmal festere Lagen von Brauneisenstein. Hier haben die eingedrungenen Gewässer zuerst die Umwandlung bewirkt. In einem theilweise in Brauneisenstein umgewandelten Eisenspath fand Rosen-

---

*) Von der schnellen Zersetzung des kohlensauren Eisenoxydul war schon einige Mal die Rede, und wie defshalb die Vorstellung seiner Bildung erschwert wird (S. 1202). Dagegen wurden aber auch Bildungen desselben angeführt, die gleichsam vor unsern Augen erfolgen (B. I. S. 902 ff.). Wie sehr das Eisenoxydul selbst durch eine dünne Decke gegen Oxydation geschützt wird, zeigte ein Eisenoxydulhydrat - Niederschlag, den ich länger als ein Jahr unter Wasser in einem offenen Glase aufbewahrt, und wovon sich nur eine dünne Schicht auf der Oberfläche in Eisenoxydhydrat umgewandelt hatte. Auf eine stets fortdauernde Bildung von Stalactiten aus Eisenoxydhydrat in einer Grube am *Cape Cornwall*, wo eine Strecke weit unterhalb des Seebodens fortgeführt wurde, machte v. Leonhard (dessen Jahrb. f. Min. 1845. S. 14) aufmerksam. Als für einige Jahre diese Grube geschlossen worden war, fand man beim Wiedereröffnen viele neue Tropfsteine, deren manche 18 Zoll Länge und einen Zoll Durchmesser hatten. Stalagmiten, die vom Boden aufwärts ragten, hatten noch gröfsere Dimensionen. Wenn, wie höchst wahrscheinlich, die Gewässer, welche diese Tropfsteine absetzten, das Eisen als Carbonat enthielten: so konnte sich natürlich unter solchen Verhältnissen kein Eisenspath bilden.

garten *) 11,3 Proc. Eisenoxyd, 43,83 Eisenoxydul und 7,31 Manganoxydul.

Die Umwandlung des Eisenspaths in Brauneisenstein ist so allgemein, dafs es überflüssig ist, Fundorte anzuführen. Auch der Sphärosiderit, bei *Steinheim* unweit *Hanau*, ist einer Umwandlung in Brauneisenstein unterworfen. Nur einzelner coordinirter Erscheinungen wollen wir noch gedenken. Bei *Arzberg* im *Fichtelgebirge* finden sich die Pseudomorphosen mit Pyrolusit überzogen, welches wahrscheinlich vom Mangangehalte im Eisenspath herrührt (B. II. S. 825). In diesem Gebirge, bei *Siebenhitze*, sind sie mit phosphorsaurem Kupferoxyd ganz bedeckt. Auf den Quecksilbererz-Lagerstätten bei *Moschel* sitzen in den hohlen oder porösen Pseudomorphosen sehr kleine Kupferlasurkrystalle, auch faserige Malachite, welche aus Kupferkies, der die Unterlage bildet, durch die ausgeschiedene Kohlensäure des Eisenspaths entstanden zu sein scheinen **). In den Eisenerz-Lagerstätten zu *Hüllenberg* und *Lölling* in *Kärnthen****) kommt in oberen Teufen Chalcedon vor, der die Pseudomorphosen zuweilen überzieht. Nie findet er sich aber zugleich mit unverändertem Eisenspath: zum Beweise, dafs ihn erst die Gewässer, welche die Umwandlung desselben bewirkten, abgesetzt haben. In den obern Teufen kommen auch Kugeln aus festem, weissen Eisenspath vor, welche mit Glimmer und darüber mit Brauneisenstein umgeben sind. Der Brauneisenstein ist vielfältig zerklüftet und voll von Drusen, welche stets Wasser enthalten, das oft erst ausläuft, wenn die gröfseren Erzstücke nach langem Liegen auf der Halde aufgeschlagen werden †).

---

*) Rammelsberg Handwörterb. 3tes Suppl. S. 42.

**) Blum die Pseudomorphosen S. 200 ff. und Nachtrag S. 113.

***) v. Morlot in n. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1847. S. 606.

†) Way (L'Institut No. 563) zeigt, wie man durch Behandlung eines schon theilweise in Brauneisenstein übergegangenen Eisenspaths mit verdünnter Salzsäure das Eisenoxydhydrat ausziehen kann, so dafs das Carbonat in vollkommen weifsen Krystallen zurückbleibt. Selbst wenn der Eisenspath kohlensauren Kalk enthält, so bleibt dieser mit jenem als ein Doppelcarbonat zurück.

Sismonda *) glaubt, dafs bei der Umwandlung des kohlensauren Eisenoxydul von *Traversella* in Eisenoxydhydrat der beigemengte Eisenkies eine Hauptrolle gespielt habe. Seine Annahme ist aber gewifs nicht richtig; die Zersetzung des Eisenkieses ist jeden Falls nur ein coordinirter Procefs.

Der Ankerit zersetzt sich bisweilen in Brauneisenstein. Die graulich- oder röthlichweifse Farbe des Ankerit wird braun, die Oberfläche der Krystalle und der krystallinischen Massen porös, und zuletzt bleibt gleichsam nur ein Skelet von Eisenoxydhydrat zurück, während das Uebrige verschwindet **). Diese Pseudomorphose findet sich auf Eisenspathlagern in *Steyermark* und am *Rathhausberg* bei *Gastein*. Nach Sander***) enthält der Ankerit vom *Erzberg* in *Steyermark* 49,61 Proc. und nach Fritzsche †) der Pistomesit von *Thurnberg* im *Salzburgischen* 33,92 Proc. Eisenoxydul. Solche Ankerite lassen daher mehr als $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ Eisenoxydhydrat zurück, nachdem die kohlensaure Magnesia, und beim ersteren auch die kohlensaure Kalkerde, fortgeführt worden ist.

Die Umwandlung des Eisenspaths in Rotheisenstein wird bei weitem nicht so oft angetroffen, als die in Brauneisenstein. Besonders schön zeigt sie sich zu *Brèsoir* im *Elsafs*. Diese Umwandlung schreitet von aussen nach innen fort. Die Pseudomorphosen von *Pressnitz* in *Böhmen* sind im Innern entweder porös, oder mit weichem Rotheisenocher erfüllt. Auch hier bildeten sich nach den Spaltungsflächen feste, sehr dünne Lagen, die sich also stets durchsetzen und hohle Räume einschliefsen. Auch die Pseudomorphosen von *Jedvonitz* in *Mähren* sind porös oder häufiger mit erdigem Rotheisenocher erfüllt, so dafs hier nur eine Rinde von dichtem Rotheisenstein die Form des Eisenspaths erhalten hat ††). Die poröse Beschaffenheit erklärt sich aus der Volumen-Verminderung bei der Umwandlung, welche fast die Hälfte beträgt.

---

*) N. Jahrb. f. Min. 1835. S. 194.

**) Haidinger in Poggend. Ann. B. XI. S. 190.

***) Rammelsberg Handwörterb. zweit. Suppl. S. 87.

†) Poggend. Ann. B. LXX. S. 147.

††) Die Pseudomorphosen S. 188 und Nachtrag S. 110.

Haidinger hält die unmittelbare Umwandlung des Eisenspaths in Rotheisenstein in vielen Fällen für unzweifelhaft, in anderen läfst er es unbestimmt. Wir halten indefs diese unmittelbare Umwandlung für sehr unwahrscheinlich. Jener Rotheisenocher im Innern ist ohne Zweifel der Rest von Eisenoxydhydrat, welches noch nicht in Eisenoxyd umgewandelt worden war; denn wir setzen voraus, dafs er, ungeachtet seiner rothen Farbe, doch noch Hydratwasser enthielt, wie diefs auch bei dem, aus einer siedend heifsen Auflösung eines Eisenoxydsalzes durch ein Alkali gefällten rothen Eisenoxydhydrat der Fall ist. Die Pseudomorphosen bei *Steben* sind im Innern mit Brauneisenocher bekleidet; hier ist also die Gegenwart von Eisenoxydhydrat ganz unzweifelhaft. Wäre diefs aber ein Umwandlungsproduct aus Rotheisenstein: so würde doch wohl die Umwandlung aussen und nicht innen begonnen haben. Die wirkliche Umwandlung des Eisenoxydhydrat in Eisenoxyd ist aber erwiesen durch die Pseudomorphosen von

## Rotheisenstein nach Brauneisenstein.

Eine solche Pseudomorphose beschreibt Haidinger *). Die Form war genau die des Nadeleisenerzes, und die Krystalle waren wasserfrei. Die Idee, dafs etwa das Ganze durch Glühen sein dermaliges Ansehen erhalten hätte, wurde durch die Gegenwart von kleinen nierenförmigen Parthien von Brauneisenstein in einer Stufe widerlegt. Haidinger wirft die Frage auf, welche Bewandtnifs es mit den Glasköpfen von den Farben des Roth- und Brauneisensteins habe, und zeigt an mehreren Handstücken vom *Irrgang* bei *Platten* in *Böhmen* die pseudomorphe Bildung des rothen Glaskopfes aus braunem. Bei dieser Umwandlung mufs sich das Volumen um etwa $\frac{1}{4}$ vermindern. Daher läfst sich erwarten, dafs die Zusammensetzungsflächen zu wirklichen Trennungsflächen werden, und als Abzugs-Canäle für das entweichende Wasser dienen. Brauner Glaskopf enthält in den meisten Varietäten Kieselsäure, welche zugleich mit dem Wasser aus den Fasern

*) Abhandl. d. k. böhm. Ges. d. Wissensch. V. Folge. B. 4. 1846.

entfernt wird, und sich in einigen der erweiterten Zusammensetzungsflächen gangweise als roth gefärbte Quarzschale absetzt.

Dieser Umstand spricht sehr zu Gunsten einer Fortführung des Hydratwassers in gewöhnlicher Temperatur. Selbst wenn man aus der wirklich beobachteten Fortführung der Kieselsäure durch Wasserdämpfe (B. I. S. 760) auf eine solche Fortführung aus Brauneisenstein schliefsen wollte: so würde sich die Kieselsäure doch nicht in den erweiterten Trennungsflächen abgesetzt haben. Für eine langsame Fortführung der Kieselsäure in wässriger Auflösung spricht auch, dafs sich in einem anderen Handstücke auf einer Längenkluft, statt der gewöhnlichen Quarzgänge, ein Absatz von kleinen Quarzkrystallen zeigt.

Unter den verschiedenen von Haidinger beschriebenen Fällen, welche für eine Umwandlung der braunen Glaskopf-Geoden in rothe sprechen, führen wir noch folgende an.

Eine Schale von rothem Glaskopf, von *Oberhals* bei *Kupferberg*, etwa fünf Linien dick, ist zu beiden Seiten von Quarz umschlossen, aber nicht mehr in ihrem ursprünglichen Zusammenhange, sondern in mehreren Stücken zerbrochen, und mehr oder weniger aus der ursprünglichen Richtung gebracht. Die zwei gröfsten Fragmente sind nur durch eine, etwa drei Linien dicke, gangförmige Lage von Quarz getrennt; einige kleinere sind ganz abgebrochen und in der Quarzmasse fast rechtwinklig gegen die vorige Richtung verschoben. Von den zwei gröfseren Bruchstücken ist das eine durch und durch in rothen Glaskopf, das andere theilweise in rothen Jaspis umgewandelt worden. Wir stimmen Haidinger vollkommen bei, dafs diese Veränderungen durch das Eindringen einer Kieselsäure-Auflösung (worunter wir natürlich gewöhnliche Quellwasser mit ihrem geringen Kieselsäuregehalte verstehen) bewirkt worden sei.

In einer Pseudomorphose von *Annaberg* besteht die äussere und innere Lage der nierenförmigen Gestalten aus faserigem Rotheisenstein, und in den inneren verschlossenen Räumen haben sich Eisenglanz-Schuppen abgesetzt. In einem Stücke von *Zorge* am *Harz*, welches abwechselnd aus lockeren und festeren concentrischen Schalen besteht, erscheint in

diesen die schuppig-faserige Structur in unzusammenhängende Schuppen von Eisenglimmer umgewandelt. Keine Erklärung, bemerkt Haidinger, als die, welche eine Pseudomorphose aus braunem Glaskopf voraussetzt, paſst auf die zahlreichen mehr oder weniger breiten, concentrischen Lagen, wovon die festeren faserig und dicht geschlossen sind, die lockeren aus unzusammenhängenden Schuppen bestehen.

Im Zusammenhange mit diesen Erscheinungen führen wir noch zwei andere merkwürdige Verhältnisse an.

Die nierenförmigen Schalen eines Stückes rothen Glaskopfes von *Zorge* werden von einem Sprunge durchsetzt. In die eine Hälfte ist Kieselsäure eingedrungen, und zwar zwischen die dichteren Lagen hinein in die lockern schuppig-glimmerrigen. Dadurch soll, nach Haidinger, das Eisenoxyd in Oxydhydrat umgewandelt worden sein, indem es mit dem fest gewordenen Quarz gemengt, einen gelben Eisenkiesel bildet.

Verstehen wir die Sache recht, so zeigen gerade die lockern schuppig-glimmerrigen Lagen diese Veränderung, und dann läſst sich freilich nichts gegen die vorausgesetzte Umwandlung des Oxyd in Hydrat erinnern; denn wir waren eine Zeit lang etwas zweifelhaft, ob nicht vielleicht das Eisenoxyd im gelben Eisenkiesel noch ursprünglicher Brauneisenstein sein könnte. Haidinger führt gleich darauf selbst ein merkwürdiges Fragment eines Stückes von demselben Fundorte an, welches das Zusammenvorkommen des rothen und braunen Glaskopfes zeigt. Sollte nicht, wenn gegen jene Umwandlung des Eisenoxyd in Eisenoxydhydrat nichts zu erinnern ist, diese Wirkung von der eingedrungenen Kieselsäure-Auflösung ausgegangen sein, indem das von der abgesetzten Kieselsäure zurückgestossene Wasser von dem Eisenoxyd aufgenommen worden wäre?

Das andere noch viel auffallendere Verhältniſs bietet eine zweimalige Umwandlung, erst des braunen Glaskopfs in rothen und selbst in Eisenglanz, und hierauf des letzteren in Eisenspath, bei unveränderlich bleibender Form dar. An einem Glaskopfe von *Tilkerode* am *Harz* zeigt sich nämlich die anfangende Bildung von feinkörnigem Eisenspath, der hin und wieder, gegen die Oberfläche der nierenförmigen Gestalten

zu, innerhalb der concentrischen Schalen den früher vom Eisenglanze erfüllten Raum einnimmt. Bewundernswürdig ist die Beibehaltung der Form während eines zweimaligen Wechsels der Substanz von braunem Glaskopf zu rothem und selbst zu Eisenglanz und von diesem wieder zu Eisenspath. An einem anderen Stücke zeigt sich diese Umwandlung vorzüglich lehrreich. Von zwei concentrischen Schalen ist die innere Eisenglanz, die äussere netzförmig gruppirter Eisenspath in kleinen Krystallen. Bei den *Tilkeroder* Eisenglanzen in der Gestalt der Glasköpfe finden sich gerade in denjenigen Lagen, welche das gröbste Korn der Zusammensetzung zeigen, auch Drusenräume, die mit Eisenspathkrystallen ausgekleidet sind.

Ohne Zweifel waren es dem Eisenoxyd durch Gewässer zugeführte organische Substanzen, welche dasselbe zu Oxydul reducirten und dadurch Kohlensäure erzeugten, die sich mit demselben zu Eisenspath verband.

Die Umwandlung des Eisenoxydhydrat in Eisenoxyd ist eine merkwürdige Thatsache, weil sie beweiset, dafs das Hydratwasser schon in gewöhnlicher Temperatur entweicht, während es der Chemiker erst in der Glühehitze forttreiben kann. Aber auch unter unsern Augen gehen Processe von Statten, welche, wenn sie auch keine Analogien im Mineralreiche haben, doch diese Umwandlung und, wie es scheint, sogar die directe Bildung von wasserfreien Eisenoxyden zeigen. Becquerel *) fand in den Fundamenten eines alten Schlosses verschiedene Eisenbarren fast gänzlich oxydirt und in Eisenoxydhydrat, Magneteisen und Eisenoxyd umgewandelt. Letzteres zeigte unter dem Mikroskop dieselben Krystalle, wie das von *Elba*, und das Magneteisen war ebenfalls sehr deutlich krystallisirt. R. Mallet **) fand, dafs der durch längere Einwirkung von Luft und Wasser auf Eisen erzeugte Rost, welcher Brauneisenstein mit mehr oder weniger Eisenspath ist, sein Wasser verliert und sich in Rotheisenstein oder wasserfreies Eisenoxyd umwandelt, wenn er recht alt wird.

Als ich zu einer kochendheifsen Lösung eines Eisenoxydsalzes eine kochendheifse Kalilösung setzte, war der Nie-

---

*) L'Institut No. 522. 1843.

**) *London* Journ. of arts 1844. Febr. T. 44.

derschlag nicht ochergelb, sondern rothbraun wie Eisenoxyd. Nach sorgfältigem Auswaschen, unter der Luftpumpe mittelst Schwefelsäure getrocknet, und dann mehrere Stunden lang in siedendem Wasser erhitzt, gab er 7,11 und durch Glühen noch 10,56 Proc. Wasser. Auch der aus einer kochendheifsen Lösung von Eisenchlorid durch kochendheifses Ammoniak gefällte Niederschlag war rothbraun und noch dunkler wie jener. Nachdem derselbe so lange in der Siedhitze des Wassers getrocknet worden, als sich noch Wasserdämpfe entwickelten, verlor er durch Glühen 15,26 Proc. Wasser. So wie hier die rothe Farbe keineswegs auf Abwesenheit des Wassers deutet: so giebt es wahrscheinlich auch im Mineralreiche Eisenoxydhydrate von solcher Färbung *). Aus der rothen Farbe kann daher, wie wir schon einige Mal bemerkt haben, nicht unbedingt auf Rotheisenstein geschlossen werden; sondern die chemische Prüfung mufs entscheiden. Wasser, eine halbe Stunde lang über Eisenocher gekocht, veränderte seine Farbe nicht. Also nur im Momente der Bildung des Eisenoxydhydrat in der Siedhitze tritt eine Farbenveränderung ein, nicht aber wenn Eisenoxydhydrat mit siedendem Wasser behandelt wird.

Der Wassergehalt der natürlichen Eisenoxydhydrate ist sehr verschieden. Das von Herman **) Quellerz benannte Hydrat enthält 25,63, der faserige Brauneisenstein (brauner Glaskopf) 14,71, das Nadeleisenerz, der schuppig-faserige Brauneisenstein (Lepidokrokit) der Rubinglimmer (Pyrosiderit, Göthit), so wie der dichte Brauneisenstein (Stilpnosiderit) u. s. w. 10,31 und das Eisenoxydhydrat vom Flusse *Turga* am *Ural*, nach Herman ***) 5,33 Proc. Hydratwasser. Bei weitem die meisten dieser Eisenoxydhydrate haben sich wohl aus kalten Gewässern, und nur selten aus heifsen abgeschie-

*) Die eisenhaltigen Streifen der *Carlsbader* Sprudelsteine haben, wie die künstlichen Niederschläge aus heifsen Lösungen, eine röthlichbraune Farbe. Vielleicht könnte man daher aus einer solchen Farbe des Eisenoxydhydrat in Lagern auf einen Absatz aus heifsen Gewässern schliefsen.

**) Journ. f. pract. Chemie B. XXVII. S. 53.

***) Ebend. B. XXXIII. S. 96.

den. Unter verschiedenen, von der Temperatur unabhängigen Umständen bilden sich daher verschiedene Verbindungsstufen des Eisenoxyd mit Wasser; es ist aber auch denkbar, dafs höhere Verbindungsstufen durch allmäligen theilweisen Verlust des Hydratwassers in niedere übergehen können. Vergleicht man die in Rammelsberg's Handwörterbuche zusammengestellten Analysen von Brauneisensteinen: so stöfst man auf Verbindungsverhältnisse, welche von den oben angeführten nach bestimmten Atomverhältnissen, mehr oder weniger abweichen. Mag auch hier und da die Bestimmung des Wassers nicht genau sein: so mögen doch diese Differenzen auch davon herrühren, dafs entweder Gemenge verschiedener Verbindungsstufen im Mineralreiche vorkommen, oder dafs schon eine theilweise Abscheidung des Hydratwassers stattgefunden habe.

Wenn das amorphe Eisenoxydhydrat in krystallisirten oder krystallinischen Rotheisenstein übergeht: so ist wohl denkbar, dafs es der Act der Krystallisation sei, wodurch das Hydratwasser abgeschieden wird. Freilich giebt es auch faserigen und dichten Rotheisenstein.

Von der Umwandlung des Eisenoxyd in Eisenoxydhydrat war schon oben die Rede. Auf der Insel *Elba* scheint, nach Kranz *), diese Umwandlung in grofsem Maafsstabe von Statten gegangen zu sein. Sie erscheint da, wo Kalkstein mit Eisenglanz in Berührung tritt, oder wo, nach Verlauf weniger Jahrhunderte, die Massen, künstlich von einander getrennt, fortbewegt worden sind, und so den atmosphärischen Einwirkungen ausgesetzt waren. Der Eisenglanz ist nicht blofs auf der Oberfläche, sondern bis tief in die aufgeschlossene Masse hinein in Brauneisenstein umgewandelt. Die Kalkmassen zeigen sich, wo sie mit den Eisenerzen in Berührung treten, sehr oft wie vom Wasser ausgehöhlt und ausgewaschen.

Die Vermuthung liegt nahe, dafs es diese Gewässer waren, welche auch in den Eisenglanz gedrungen sind und dessen Umwandlung in Eisenoxydhydrat bewirkt haben.

Eigentliche Umwandlungspseudomorphosen von Eisen-

*) Karsten's und v. Dechen's Archiv B. XV. H. 2. S. 376 ff.

oxydhydrat nach Eisenoxyd hat Kranz nicht nachgewiesen. Blum *) fand sie aber in Amethystkugeln von *Oberstein.* Ganz dünne tafelartige, sechsseitige Kryställchen und kleine rosenrothe Zusammenhäufungen von Eisenglanz sitzen auf Amethystkrystallen. Sehr wenige haben noch die ursprüngliche eisenschwarze Farbe, die meisten sind mit einer ochergelben Rinde überzogen, andere ganz in Eisenoxydhydrat umgewandelt. In der beschriebenen Geode ist diese Umänderung nach einer Seite hin vollständig vor sich gegangen; sie nimmt aber nach der andern hin mehr und mehr ab bis zum normalen Eisenglanz. Die eingedrungenen Gewässer scheinen sich daher nur nach jener Seite hin gezogen zu haben. Die Eisenocherrinde, welche hier die Amethystkrystalle überzieht, scheint von der gänzlichen Umwandlung von Eisenglanzkrystallen in pulverförmigen Eisenocher herzurühren, der sich aus den Gewässern auf die Amethystkrystalle, jedoch nur an einer Seite absetzte. Die Eindrücke in den Amethystkrystallen, und die Bruchstückchen von Eisenglanz, welche in jenen noch unversehrt stecken, beweisen, dafs aus demselben der Eisenocher hervorgegangen ist. Sillem **) beschreibt eine Stufe von *Siebenhitze* bei *Hof,* deren obere Lage aus traubigem Rotheisenstein besteht, unter welcher alles in Brauneisenstein, der stellenweise selbst tiefer in die obere Lage eindrang, umgewandelt ist. An einer Stelle zieht sich noch Rotheisenstein in den Brauneisenstein hinein. Es scheint hier die Umwandlung von innen nach aussen fortgeschritten zu sein. Ein Conglomerat nierenförmiger Bruchstücke von Rotheisenstein, verbunden durch Kalkspath und Quarz, von der *Fischbach* bei *Ilfeld,* zeigt den Uebergang des Rotheisensteins in Eisenoxydhydrat von aussen nach innen.

Auch Brauneisenstein nach Eisenglanz, von *Altenburg* in *Sachsen,* beschreibt Sillem ***). An einer Stufe sind sämmtliche Krystalle mit einer dünnen Rinde von Eisenoxydhydrat überzogen, im Innern ist aber der Eisenglanz unverändert. Auf einer zweiten liegen neben unveränderten Eisenglanz-

*) Nachtrag S. 18.

**) N. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1851. S. 387.

***) S. 401.

krystallen andere, bei denen die Umwandlung begonnen hat und zum Theil auch tiefer eingedrungen ist.

Dafs die Aufnahme von Wasser bald aussen bald innen beginnt, erscheint auffallend. Da auch Eisenoxydhydrat in Eisenoxyd übergeht: so sind Täuschungen denkbar, besonders da beide in gleichen Formen (rothe und braune Glasköpfe) vorkommen.

Auf künstlichem Wege hat man eine solche Umwandlung noch nicht hervorgebracht; man hat aber auch noch nicht versucht, Eisenoxyd Jahre lang unter Wasser aufzubewahren. Weiteren Untersuchungen bleibt es vorbehalten, die Bedingungen zu ermitteln, unter welchen ganz entgegengesetzte Processe, einmal Entweichen des Hydratwassers aus dem Brauneisenstein, ein andermal Aufnahme des Wassers vom Eisenoxyd, von Statten gehen können. Man kann nicht wohl annehmen, dafs der in Rotheisenstein sich umwandelnde Brauneisenstein mit Gewässern gar nicht in Berührung kommen, und daher blofs einem Austrocknungsprocesse ausgesetzt sein sollte. Die von Haidinger angeführten Fälle zeigen wenigstens entschieden, dafs beim Entweichen des Hydratwassers Wasser mitgewirkt habe.

Ueber die Umwandlung des Eisenspaths in Magneteisen bemerkt Haidinger*), dafs gewissen braunen Eisenochern, wie an den *Gulsen* bei *Kraubet* Magneteisen beigemengt sei. Sie sind durch einzelne im Innern wahrnehmbare Puncte stark magnetisch. Haidinger nimmt an, dafs dieses Magneteisen durch theilweise Reduction des Eisenoxydhydrat entstanden sei. Man kann sich aber auch den entgegengesetzten Vorgang denken, dafs sich nämlich Magneteisen durch eine theilweise Oxydation des kohlensauren Eisenoxydul gebildet habe. Dafs diese Bildung bei Zersetzung des Eisenspaths in erhöhter Temperatur, wie beim Rösten desselben, wirklich stattfindet, haben wir B. II. S. 583 und 598 gesehen. Dafs sie durch Basalt, im feuerflüssigen Zustande gedacht **), nicht erfolgen kann, ist S. 798 bemerkt worden. Sollte nicht die schwarze Färbung, welche der, der Atmosphäre ausgesetzte

*) A. a. O.

**) Blum Nachtrag S. 102.

Eisenspath manchmal annimmt, auf eine Umwandlung in Magneteisen deuten? —

Becquerel's vorhin angeführte Beobachtung liefert abermals einen Beweis, wie Magneteisen auf nassem Wege entstehen kann. Gleichwohl können wir uns keine richtige Vorstellung machen, auf welche Weise es aus Gebirgsgesteinen ausgeschieden wird. In den Gruben *Norwegen's* bildet es, nach den Mittheilungen Scheerer's *), keine zusammenhängende Lager oder Gangmassen, sondern ein Netzwerk oder Adernsystem im Gneifse, obgleich die Hauptmasse eine lagerartige Entwicklung zeigt. In einer Grube auf einem Bergrücken bei *Arendal* fand sich ein Raum von einigen hundert Fufs Länge und von wenigstens 50 Fufs Breite ganz mit Magneteisenstein erfüllt. Von den geognostischen und genetischen Verhältnissen dieses Vorkommens war schon oben S. 568 ff. die Rede; aber immer noch bleibt das Räthsel zu lösen, in welcher Form es ausgeschieden wird. Die obigen Beziehungen zwischen Magneteisen und Eisenspath und Eisenoxydhydrat scheinen uns am meisten geeignet zu dieser Lösung.

Von der Umwandlung des Magneteisens in Eisenoxyd war schon oben (B. II. S. 600) die Rede.

## Brauneisenstein nach Würfelerz und nach Skorodit, Rotheisenstein nach Würfelerz, und Stilpnosiderit nach späthigem Eisenblau.

Das Würfelerz von *Schöllgrippen* in der Gegend von *Aschaffenburg* ist sehr häufig in erdigen Brauneisenstein umgewandelt, wobei die Form sich selten erhalten hat, und nur dann, wenn sich zuerst eine Rinde von dichtem Brauneisenstein gebildet hatte. Diese Pseudomorphosen sind von rauher Oberfläche, manchmal auch zerfressen, oder es sind nur noch Fragmente von Krystallen vorhanden. Das Innere ist stets mit

*) N. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1843. S. 631 ff.

einer porösen erdigen Masse von ocherigem Brauneisenstein erfüllt *).

Es ist nicht unwahrscheinlich, dafs kalkhaltige Gewässer die Zersetzung des Würfelerzes bewirkt haben, indem die Arseniksäure in Verbindung mit Kalkerde fortgeführt wurde. Vielleicht dafs der Pharmakolith, ein secundäres Erzeugnifs in verlassenen Gruben, auf diese Weise entstanden ist. Das Würfelerz läfst 46 Proc. Brauneisenstein zurück; mehr als die Hälfte wird also fortgeführt, woraus sich die poröse Beschaffenheit der Pseudomorphosen erklärt.

Der Skorodit wandelt sich, mit Beibehaltung seiner Form, auch bisweilen in Brauneisenstein um. Diese Pseudomorphose findet sich am *Raschauer Knochen* bei *Schwarzenberg* in *Sachsen* (auch in *Brasilien*) auf den Klüften eines eisenschüssigen quarzigen Muttergesteins, dem Kupfer- und Arsenikkies beigemengt ist. Nach gänzlicher Umwandlung zeigen sich die Krystalle aussen etwas rauh, jedoch scharf und deutlich erkennbar, im Innern sind sie entweder sehr porös oder ganz oder theilweise mit Brauneisenocher erfüllt.

Von seiner Zersetzung gilt dasselbe wie vom Würfelerz; denn es ist wie jenes basisch arseniksaures Eisenoxyd. Der Skorodit läfst 40,6 Eisenoxydhydrat zurück; fast $\frac{3}{5}$ der ursprünglichen Substanz werden daher weggeführt, welches die poröse Beschaffenheit der Afterkrystalle erklärt.

Das Würfelerz und der Skorodit kommen meist in Begleitung von Arsenikkies vor. Wahrscheinlich haben sich daher diese Mineralien durch Verwitterung des Arsenikkieses gebildet, wobei die gebildete Schwefelsäure wahrscheinlich von dem Kalke der Gewässer fortgeführt wurde. Uebrigens fand Ficinus im Skorodit 1,5 Proc. Schwefelsäure.

Die Würfelerzkrystalle wandeln sich auch durch Zersetzung in Eisenoxyd um, ohne ihre Form einzubüfsen **).

Eine Umwandlung des spathigen Eisenblau in Stilpnosiderit zeigen Stufen von *Bodenmais* in *Baiern*. Der Procefs geht von aussen nach innen vor sich. Ist er vollendet, so

---

*) Die Pseudomorphosen S. 200.

**) v. Leonhard's Handb. der Oryktognosie 2. Aufl. S. 166.

erscheinen die Krystalle theilweise hohl *). Dieselben Mittel, wahrscheinlich kohlensaurer Kalk, welche das arseniksaure Eisenoxyd zersetzen, werden auch die Zersetzung des phosphorsauren Eisenoxydul bewirken. Der neutrale kohlensaure Kalk zersetzt zwar nicht die Eisenoxydulsalze, weil aber das Eisen als Oxydhydrat zurückbleibt, so beweiset diefs den Uebergang des Oxydul in Oxyd während der Zersetzung. Das phosphorsaure Eisenoxydul läfst 58 Proc. Eisenoxydhydrat zurück, welches die hohle Beschaffenheit der Pseudomorphosen erklärt.

### Brauneisenstein nach Eisenkies und Strahlkies, und Rotheisenstein nach Eisenkies.

Sehr häufig findet sich Eisenkies mit Beibehaltung der Form in Eisenoxydhydrat umgewandelt. Man findet diese Pseudomorphosen in den verschiedensten Gebirgsgesteinen. Die Umwandlung beginnt auf der Oberfläche der Krystalle, und schreitet gleichmäfsig nach innen fort. Jene läuft zuerst bunt an, wird dann braun, und überzieht sich mit einer Rinde. Die Flächen sind jedoch meist glatt und eben, die Ecken und Kanten scharf. Oft sieht man noch einen Kern von Eisenkies in den Krystallen, je nachdem der Procefs mehr oder weniger vorgerückt ist. Sehr häufig findet sich jedoch keine Spur mehr vom Eisenkies. Meist tritt die Veränderung des Eisenkies erst dann ein, wenn die ihn enthaltende Gebirgsart der Verwitterung unterworfen ist. Sehr deutlich zeigt sich diefs im Anhydrit des *Canaria*-Thales in der *Schweiz*, worin die vielen kleinen Eisenkieskrystalle keine Spur von Zersetzung zeigen; wo aber der Anhydrit in Gyps umgewandelt ist, sind sie zu Eisenoxydhydrat geworden. Zippe fand dasselbe, nach gefälliger brieflicher Mittheilung, bei *Eula* in *Böhmen*. Auch hier beginnt die Verwitterung des Eisenkies mit der des Schiefers; in ganz frischem Gestein sind die Eisenkieskrystalle unverändert. Nichts ist leichter zu begreifen, als diefs; denn die Gewässer, welche den Ei-

---

*) Nachtrag S. 112.

senkies zur Verwitterung bringen, veranlassen auch die Verwitterung des Gesteins. Dafs aber auch die durch Oxydation des Eisenkies frei werdende Schwefelsäure zersetzend auf das Gestein wirkt, ist von selbst klar.

Die in den mineralogischen Sammlungen so häufige Verwitterung des Eisenkies und besonders des Strahlkies zeigt, wie leicht diese Schwefelmetalle der Zersetzung erliegen. Sie nimmt stets dieselbe Richtung; es ist daher kein Grund vorhanden, im Gebirgsgesteine andere Zersetzungen zu vermuthen. Berzelius *) liefs verworren krystallisirten Strahlkies (der vollkommen krystallisirte hält sich an der Luft) $2\frac{1}{2}$ Jahr lang verwittern. Der sechste bis siebente Theil war verwittert, das untersuchte Salz entsprach dem Eisensulfuret und nicht eine Spur von Schwefel hatte sich abgeschieden. Der unverwitterte Antheil verhielt sich wie reines Bisulfuret. Berzelius schliefst hieraus, dafs die efflorescirenden Eisenkiese stets Sulfuret enthalten, und dafs nur dieses sich nach und nach oxydirt.

Scheerer **) untersuchte mehrere Zersetzungsproducte von Eisenkies aus Alaunschiefern bei *Modum* in *Norwegen*. Dieselben fanden sich an der Decke und an den Wänden eines höhlenartigen Raumes.

| | I | II | | III |
|---|---|---|---|---|
| Eisenoxyd . . . . . . | 80,73 | 49,63 | | 46,74 |
| Schwefelsäure . . . | 6,00 | 32,44 | | 32,11 |
| Natron . . . . . . . | — | 5,20 | Kali | 7,88 |
| Kalk . . . . . . . . | — | — | | 0,64 |
| Wasser . . . . . . . | 13,57 | 13,11 | | 13,56 |
| | 100,30 | 100,38 | | 100,93 |

I. Dunkelbraune, im Wasser unlösliche Substanz, welche das Gestein mehr oder weniger durchdringt.

II. Eine hellgelbe Lage in tropfsteinartigen Bildungen, gleichfalls im Wasser unlöslich, woraus jedoch eine Spur Gyps ausgezogen wird, unterhalb I und nicht im allmäligen Uebergange, sondern deutlich davon geschieden.

*) Ann. de chim. et de phys. T. XIX. P. 440.

**) Poggend. Ann. B. XLV. S. 188.

Diese Lage ist mit einem weifslichen Ueberzuge oder mit kleinen weifsen Krystallen bekleidet, die aus reinem Gyps bestehen.

III. Ein wahrscheinlich aus Eisenkies entstandenes Mineral aus einem Braunkohlenlager bei *Bilin*, nach Rammelsberg *). Die nahe Uebereinstimmung von II und III ist sehr auffallend.

Blum **) beschreibt endlich eine Stufe, auf welcher Eisenvitriol in deutlicher Form des Eisenkies-Würfels sitzt, aus den Quecksilbergruben im *Stahlberg* in *Rheinbaiern*.

Wenn die Umwandlung des Eisenkies in Brauneisenstein durch die vorhergegangene Oxydation desselben bedingt ist: so fragt sich, auf welche Weise die Schwefelsäure abgeschieden wird. Finden wir, wie nicht selten, den in Brauneisenstein umgewandelten Eisenkies in Kalklagern: so liegt die Vermuthung nahe, dafs die Schwefelsäure vom Kalke aufgenommen wurde, da kohlensaurer Kalk Eisenoxyd aus seinen Verbindungen mit Säuren niederschlägt. Das Vorkommen des Brauneisensteins im Grauwackenkalkstein zu *Campo* bei *Caxoeira do Campo* in *Brasilien*, wo der Kalk rings umher zu Gyps geworden ist, zeigt deutlich das Zersetzungsmittel. Auch im körnigen Kalk zu *Ells* in *Mähren*, worin ein Eisenkieslager zersetzt wurde, findet man den nachbarlichen Kalk in Gyps umgewandelt. Wahrscheinlich würde man in anderen, Brauneisenstein haltenden Kalklagern, bei näherer Untersuchung, gleichfalls Spuren von Gyps finden. Dafs auch der in Gewässern gelöste saure kohlensaure Kalk die Zersetzung des Eisenvitriols bewirkt, haben wir oben (S. 1201) gesehen. In diesem Falle löset sich der schwefelsaure Kalk in dem Wasser, worin das Kalkcarbonat gelöst war, und wird von demselben fortgeführt. Der Gyps, welcher jene hellgelbe Lage (II) überzieht, deutet darauf hin, dafs dort saurer kohlensaurer Kalk wirklich das Zersetzungsmittel war. In (I) hätte dieser nur noch 6 Proc. Schwefelsäure abzuscheiden gehabt und Eisenoxydhydrat würde zurückgeblieben sein. Auch die Bicar-

*) Ebend. B. XLIII. S. 132.

**) Die Pseudomorphosen S. 206.

bonate der Magnesia und der Alkalien in Gewässern zersetzen den Eisenvitriol. Merkwürdig ist in dieser Beziehung in II und III der Gehalt an Alkalien, welche offenbar von Gewässern zugeführt worden sind.

Die vorhin genannte Höhle zu *Ells* war ganz mit Schwefelerde erfüllt *). G. Rose **) erwähnt gleichfalls kleine glänzende Schwefelkrystalle, welche ein Product der Zersetzung des Eisenkies sein sollen. Sehr selten findet man ähnliche Beispiele an anderen Orten, und selbst da nicht, wo diese Zersetzung im grofsartigen Maafsstabe von Statten gegangen ist. Sie mufs daher da, wo Schwefel als Zersetzungsproduct abgeschieden wird, eine eigenthümliche, von selten eintretenden Bedingungen abhängige Richtung nehmen, wenn es überhaupt entschieden sein sollte, dafs jene Schwefelkrystalle wirklich von Eisenkies herrühren.

Ist das mittlere specif. Gewicht des Eisenkies = 5,04, das des Brauneisensteins = 3,655, ist der Wassergehalt desselben = 14,71 Proc.: so findet sich, dafs das Volumen des ersteren bei seiner Umwandlung in letzteren um 7 Proc. zunimmt. Erreicht aber der Brauneisenstein sein höchstes specif. Gewicht = 3,91: so bleibt das Volumen unverändert. Der pseudomorphe Brauneisenstein füllt also dann im eingeschlossenen Gesteine genau den Raum des ursprünglichen Eisenkies aus.

Auch der mit dem Eisenkies dimorphe Strahlkies wandelt sich, aber bei weitem seltener in Brauneisenstein um, welches wohl davon herrührt, dafs er nicht so häufig, besonders in Gebirgsgesteinen eingeschlossen vorkommt, und viel leichter mit Verlust seiner Form zu Eisenvitriol verwittert. Ziemlich häufig findet aber diese Umwandlung da statt, wo der Strahlkies im Thon, wie in dem der Braunkohlenformation von *Littmitz* in *Böhmen*, eingeschlossen ist. Da der Thon stets alkalihaltig ist, da das von Rammelsberg untersuchte Mineral aus einem Braunkohlenlager eine bedeutende Menge Kali enthält: so hat sehr wahrscheinlich das Kali im

*) Boue geognost. Gemälde von Deutschland, herausgegeben von Leonhard 1829. S. 46.

**) Reise nach dem Ural B. I. S. 196 und 214.

Thon die Zersetzung des oxydirten Strahlkies und seine Umwandlung in Brauneisenstein bewirkt *).

Ullmann **) beschreibt würfliche Krystalle von dichtem Rotheisenstein, neben solchen von dichtem Brauneisenstein, aus den Gruben bei *Beresowsk* in *Sibirien*. Sie sind umgewandelte Eisenkiese. Auf einer Stufe von *Schmalkalden* fand Sillem ***) Eisenkiesoctaëder in Eisenoxydhydrat umgewandelt, während andere im Innern aus Eisenoxyd bestehen und nur mit einer dünnen Rinde von Eisenoxydhydrat bedeckt sind.

Findet eine directe Umwandlung des Eisenkies in Rotheisenstein statt, oder geht dieser stets eine Umwandlung in Brauneisenstein voraus? — Ist, wie wir uns nicht anders vorstellen können, die Oxydation des Eisenkies stets der erste Act der Umwandlung: so entsteht ein wasserhaltiges schwefelsaures Salz. Damit ist das Wasser für das durch Zersetzung dieses Salzes ausgeschiedene Eisenoxyd, mithin für die Bildung von Eisenoxydhydrat gegeben. Dafs diefs der normale Procefs ist, zeigt das viel häufigere Vorkommen der Pseudomorphosen des Brauneisensteins nach Eisenkies, als das der Rotheisensteine nach Eisenkies. Die Vermuthung liegt daher nahe, dafs diese Pseudomorphosen aus jenen hervorgegangen sind, und diefs ist in Uebereinstimmung mit der wirklichen Umwandlung des Eisenoxydhydrat in Eisenoxyd (S. 1345). Eine von Blum †) beschriebene Pseudomorphose von Brauneisenstein nach Strahlkies, welche nur oberflächlich mit einer Kruste von Brauneisenstein umgeben ist, im Innern aber einen kirschrothen, in's Röthlichbraune übergehenden Strich zeigt, scheint aber einen umgekehrten Procefs anzudeuten. Ist nämlich dieser Kern wirklich Eisenoxyd: so ist es wahrscheinlicher, dafs die Kruste durch Aufnahme von Wasser, als umgekehrt dafs der Kern durch Verlust von Wasser entstanden ist. Obgleich Eisenoxyd wirklich in Eisenoxydhydrat umgewandelt werden kann (S. 1351) und daher die Möglich-

---

*) Die Pseudomorphosen S. 197 Nachtrag S. 111.

**) Ebend. S. 187.

***) A. a. O. S. 390.

†) A. a. O. S. 198.

keit nicht zu bezweifeln ist, dafs das aus Eisenkies entstandene Eisenoxydhydrat durch Verlust von Wasser in Oxyd und dieses durch Aufnahme von Wasser wieder in Hydrat umgewandelt worden sei: so kann doch der kirschrothe Strich allein nicht auf Oxyd schliefsen lassen, um so weniger, da er in das Röthlichbraune übergeht. Der Kern ist daher vorerst zu prüfen, ob er nicht Wasser hält, und in diesem Falle ist sein Wassergehalt mit dem der Kruste zu vergleichen.

Man mufs es für möglich halten, dafs sich der Eisenkies selbst in Eisenspath umwandeln kann. Stenhouse *) fand, dafs vegetabilische Substanzen, wie Wurzelfasern u. s. w. so wie Torf und Kohle das schwefelsaure Eisenoxyd zu schwefelsaurem Eisenoxydul reduciren. Ist daher bei der Oxydation des Eisenkies mehr oder weniger schwefelsaures Eisenoxyd gebildet worden, welches sich zu schwefelsaurem Eisenoxydul reducirt, und kommt dieses mit Gewässern in Berührung, welche sauren kohlensauren Kalk enthalten: so wird es in kohlensaures Eisenoxydul zersetzt (S. 1201).

## Eisenkies nach Magnetkies und nach Arsenikkies.

Schon oben (S. 1329) ist auf diese Umwandlung hingedeutet worden. Nach Breithaupt **) finden sich in Erzgängen bei *Freiberg* u. s. w. gar nicht selten Pseudomorphosen nach Magnetkies, während dieser selbst eine äusserst seltene Erscheinung ist. Am häufigsten ist er in Leberkies, in hexagonalen Prismen, und in Arsenikkies umgewandelt. Zu *Drehbach* bei *Zschopau* kommt dieselbe Formation vor; hier ist aber der Magnetkies in beträchtlichen Massen erhalten, wie auch in der Grube *Abendröthe* zu *Andreasberg* am *Harz*. Noch ächte Krystalle, denen der *Freiberger* Pseudomorphosen vollkommen ähnlich, finden sich auch in derselben Gangformation zu *Stranitza* in *Siebenbürgen*. In der Sammlung des Grafen Beroldingen zu *Wien* sah Breithaupt einen zum Theil in Eisenkies umgewandelten Magnetkies. Da es Orte

*) L'Institut 1844 No. 566.

**) Paragenesis S. 130. 157. 161 und 163.

giebt, wo beträchtliche Mengen von Magnetkies in Gängen auftreten, wie zu *Breitenbrunn* im *Erzgebirge*, zur *goldenen Adlerhütte* im *Fichtelgebirge* und zu *Bodenmais* in *Baiern*: so hält es Breithaupt für gar nicht unwahrscheinlich, dafs sehr vieler Eisenkies der *Freiberger* Gänge früher Magnetkies gewesen war. Auch ist der Eisenkies, wo er noch mit Magnetkies in Gesellschaft vorkommt, stets die jüngere Bildung. Damit steht in Verbindung, dafs auch der Eisenkies jünger als der Kupferkies ist.

Bei der Umwandlung des Magnetkies in Eisenkies wird ein Theil des Eisens fortgeführt. Breithaupt bemerkt auch, dafs im *Freiberger* Revier der Magnetkies zur Bildung von Eisenspath und anderen, Eisenoxydul haltenden Carbonaten das Material geliefert habe. Nie sah er gröfsere Drusen dieser Pseudomorphosen ohne solche Carbonate auf denselben. Kohlensäurehaltige Gewässer sind es daher, welche einen Theil des Eisens aus dem Magnetkies fortgeführt haben.

Der Magnetkies mufs 25,54 Proc. Eisen verlieren, wenn er sich in Eisenkies umwandeln soll. Da überdiefs der Eisenkies ein gröfseres specif. Gewicht, als der Magnetkies hat: so beträgt das Volumen des Umwandlungsproducts nur 68 Proc. von dem des ursprünglichen Magnetkies. Nach Breithaupt zeigen auch diese Pseudomorphosen fast durchgängig (wir müssen vermuthen stets) eine Raumverminderung. Da sich der Magnetkies in Salzsäure unter Entwicklung von Schwefelwasserstoffgas auflöst: so ist dasselbe bei Einwirkung kohlensauren Wassers vorauszusetzen. Es ist daher nicht unwahrscheinlich, dafs das oben (S. 1358) erwähnte, seltene Vorkommen von Schwefel von einer Umwandlung des Magnetkies in Eisenkies herrühren möchte; in den Erzgebirger Gängen, wo dieser Procefs in grofsem Maafsstabe statt gefunden zu haben scheint, findet sich jedoch Schwefel nicht, wenigstens führt ihn Breithaupt nicht an.

Eisenkies und Magnetkies kommen häufig grob oder innig mit einander gemengt vor. G. Rose fand in einem kleinen Magnetkieskrystall einen noch kleineren von Eisenkies *). Der

---

*) Reise nach dem Ural B. II. S. 117 u. Poggend. Ann. B. LXXIV. S. 293.

von Stromeyer *) analysirte, sehr wenig magnetische Magnetkies von *Barèges*, in welchem er keinen eingemengten Eisenkies wahrnahm, war nichts desto weniger ein Gemeng aus Magnetkies und Eisenkies. Sollte dieser nicht schon in einer Umwandlung begriffen gewesen sein? G. Rose bemerkt, dafs auf den Zusammensetzungsflächen der Magnetkiese von *Bodenmais* und von *Trumbull* in *Connecticut* eine geringe Menge Eisenoxyd, wahrscheinlich als Folge einer schwachen Oxydation, wie auch der geringe Glanz auf diesen Flächen andeutet, erscheint. Bleibt der, diesem Eisen entsprechende Schwefel zurück: so ist die allmälige Umwandlung in Eisenkies zu begreifen. Da der Magnetkies nicht häufig krystallisirt vorkommt: so wird, wenn er sich im amorphen Zustande in Eisenkies umwandelt, dieser in seinen eigenen Krystallformen erscheinen; dann kann aber die Umwandlung mineralogisch nicht nachgewiesen werden.

Bekanntlich hielt Berzelius den Magnetkies für eine Doppelverbindung aus 5 At. Eisensulfuret und 1 At. Bisulfuret oder Eisenkies. Neuerlich vertheidigte G. Rose diese Ansicht gegen Breithaupt, Frankenheim, v. Kobell und Rammelsberg, welche den Magnetkies blofs für Einfach-Schwefeleisen halten. Seine Gründe sind, dafs der Schwefel, welcher beim Auflösen des Magnetkies in Salzsäure zurückbleibt, nicht als solcher vorhanden sein kann, weil er nicht von Schwefelkohlenstoff ausgezogen wird, dafs aber auch nicht Eisenkies beigemengt sein kann, weil dieser von reinen Stücken nach der Auflösung nicht zurückbleibt. Der natürliche, wie der künstliche Magnetkies, nicht aber das Einfach-Schwefeleisen, ist magnetisch. Das specif. Gewicht des Magnetkies ist geringer als das des Eisenkies, ja sogar geringer als das des künstlich dargestellten Einfach-Schwefeleisens. Da die niedrigeren Schwefelungsstufen der Metalle stets ein höheres specif. Gewicht haben, als die höheren: so hält G. Rose auch diefs für einen Beweis, dafs der Magnetkies keine einfache Schwefelungsstufe, sondern eine Verbindung von zwei verschiedenen sei.

Breithaupt's Nachweisung von Pseudomorphosen des

*) Gilbert's Annal. B. XLVIII. S. 186.

Eisenkies nach Magnetkies öffnet, bei Betrachtung der eigenthümlichen Verhältnisse des Magnetkies, eine neue Seite, welche bei weiteren Forschungen nicht unbeachtet bleiben darf.

Blum *) erwähnt eine Umwandlung des Arsenikkies in Eisenkies mit Beibehaltung der Form. Ob blofs das Arsenikeisen mit Zurücklassung von Schwefeleisen fortgeführt wurde, oder ob noch andere Processe vor sich gegangen waren, bleibt näheren Untersuchungen vorbehalten.

Eine von Blum **) beschriebene Pseudomorphose des Strahlkies in Formen von Eisenkies ist bemerkenswerth, weil sie ein zweites Beispiel einer Umwandlung dimorpher Substanzen in einander darbietet. Das erste, welches wir kennen gelernt haben, war die Umwandlung des Arragonit in Kalkspath (S. 1039 ff.). Sillem ***) fand auch die entgegengesetzte Umwandlung: eine Pseudomorphose von Eisenkies nach Strahlkies von *Rodna* in *Siebenbürgen*.

Wir haben eine Reihe von Umwandlungen der Eisenverbindungen unter einander kennen gelernt. Jedes Glied dieser Reihe scheint Anfang und Ende einer Umwandlung sein zu können. Wenn wohl in den meisten Fällen das kohlensaure Eisenoxydul die erste von den Gewässern abgesetzte Verbindung ist, aus der Eisenoxydhydrat, Eisenoxyduloxyd und Eisenoxyd hervorgehen: so können doch auch umgekehrt diese Oxyde durch theilweise Reduction mittelst organischer Substanzen wieder zu kohlensaurem Eisenoxydul werden. Es ist ein Kreislauf, der sich sehr oft wiederholen kann, und es ist klar, dafs sich dieselben Bildungen zu verschiedenen Zeiten wiederholen können. Breithaupt †) führt an, dafs bei *Lobenstein* frischer Eisenspath auf Pseudomorphosen von Brauneisenstein nach Eisenspath vorkommt. Der zweite Eisenspath mufste mithin gebildet worden sein, nachdem der erste schon umgewandelt worden war.

Keine Umwandlungs-Pseudomorphosen von Eisenkies oder Magnetkies nach Eisenspath, Brauneisenstein oder Rotheisen-

---

*) A. a. O. S. 204.

**) Nachtrag S. 149.

***) A. a. O. S. 399.

†) Paragenesis S. 179.

stein sind bekannt. Entweder können sich diese Oxyde als solche nicht in Schwefeleisen umwandeln, oder wenn diese Umwandlung möglich ist: so mufs die frühere Form verloren gehen und der Eisen- oder Magnetkies müssen sich in ihrer eigenen Krystallgestalt ausbilden. Die B. I. S. 917—922 angeführten Bildungen von Eisenkies gingen durchgängig aus aufgelösten Eisensalzen und meist aus saurem kohlensaurem Eisenoxydul hervor *). Auch der Eisenkies in Stein- und Braunkohlen (S. 923 – 925) hat sich wahrscheinlich aus Gewässern gebildet, welche dieses Carbonat aufgelöst enthielten; an den Bedingungen zur Bildung von Kohlensäure und zur Reduction des Eisenoxyd zu Oxydul fehlt es wenigstens da nicht, wo organische Substanzen, wie in Stein- und Braunkohlen, in einem beständigen Zersetzungsprocesse begriffen sind. Auch die Verdrängungen von Kalkspath, Barytspath, Quarz u. s. w., durch Eisenkies, wozu auch noch die Verdrängung des Flufsspath durch Strahlkies **) kommt, zeigen die Bildung des Eisenkieses aus aufgelösten Substanzen. Nach Forchhammer (S. 926) scheint indefs aus eisenhaltigem Thon in Berührung mit faulenden Seegräsern Eisenkies unmittelbar gebildet zu werden, obwohl auch dieser Bildung die Auflösung des Eisenoxydul in kohlensaurem Wasser vorher gehen könnte.

Die von Berzelius (B. II. S. 198) bewirkten Umwandlungen von Krystallen von Eisenoxyduloxyd, Eisenoxyd, Eisenoxydhydrat oder von kohlensaurem Eisenoxydul in Eisenkies mit Beibehaltung ihrer Form würden gewifs im Mineralreiche zu finden sein, wenn in demselben pseudomorphische Processe durch Wirkung von Hitze überhaupt von Statten ge-

---

*) Breithaupt (ebend. S. 21) wiederholt die „nach der Wahrheit angeführte Begebenheit", dafs im vorigen Jahrhundert ein Bergmann in das ersoffene Tiefste der grofsen Grube zu *Fahlun* in *Schweden* gefallen sei; nach 60 Jahren aber vollkommen in Eisenkies umgewandelt wieder herausgezogen wurde. Man bewahrte diesen verkiesten Menschen sieben Jahre lang im Bergamthause zu *Fahlun* auf; dann vitriolisirte er aber und zerfiel. Ganz unzweifelhaft hatte diese Eisenkiesbildung gleichfalls aus einem aufgelösten Eisensalze statt gefunden.

**) Blum Nachtrag S. 145.

hen könnten. Wäre jemals ein Eisenspathgang etwa durch eine Senkung (Bd. II. S. 218) in eine höhere Temperatur gekommen, und daselbst von Schwefelwasserstoffgas-Strömen durchstrichen worden: so würden sich gewifs Eisenkiespseudomorphosen nach Eisenspath gebildet haben. Schwefelwasserstoff-Exhalationen giebt es; da aber solche Pseudomorphosen noch nie gefunden worden: so fehlt die Hitze und damit die Wahrscheinlichkeit, dafs überhaupt auf solchem Wege Umwandlungen erfolgen. Möchten sich diefs doch die Plutonisten zu Herzen nehmen.

Behandelt man Eisenocher oder gepülverten Brauneisenstein mit einer Lösung von Schwefelkalium in gewöhnlicher Temperatur oder in der Siedhitze, und wäscht man das Pulver aus, bis das Abwaschewasser nicht mehr auf eine Lösung von essigsaurem Bleioxyd reagirt: so entwickelt sich beim Auflösen des Eisenoxydhydrat in Salzsäure auch nicht eine Spur von Schwefelwasserstoffgas. Das Eisenoxydhydrat scheint daher bei Berührung mit schwefelsauren Alkalien oder Erden und mit organischen Ueberresten, wodurch lösliche Schwefelmetalle entstehen, nur dann in Eisenkies umgewandelt zu werden, wenn durch die reducirende Wirkung der organischen Substanzen das Eisenoxyd zu Eisenoxydul und dieses mit der dadurch gebildeten Kohlensäure zu einem löslichen Salze wird.

Dafs das Schwefeleisen wieder in oxydirte Eisenverbindungen zurückgeführt wird, haben wir aus den Pseudomorphosen des Brauneisensteins nach Eisen- und Strahlkies ersehen. Die phosphorsauren Eisensalze bilden sich theils aus Eisenvitriol, theils aus kohlensaurem Eisenoxydul *) (Bd. I. S. 727 und 942), und auf ähnliche Weise wird die Bildung der arseniksauren Eisensalze, oder auch durch Oxydation von Arsenikkies von Statten gehen.

---

*) Kersten (Poggend. Annal. Bd. XXVI. S. 495.) untersuchte einen mit Eisenoxydhydrat imprägnirten Kieselschiefer, welcher 1,3 Proc. Phosphorsäure enthielt. Diefs ist bemerkenswerth, weil phosphorsäurehaltige Mineralien sehr häufig den Kieselschiefer begleiten.

Die Manganerze zeigen in ihrer Bildung und Umbildung, so wie in ihrem Vorkommen eine so grofse Aehnlichkeit mit den Eisenerzen, dafs fast alles, was von diesen gilt, auch auf jene Bezug hat. Da in der Regel das Mangan in Gebirgsgesteinen in viel geringeren Mengen vorkommt, als das Eisen: so treten manche seiner Verhältnisse nicht so deutlich hervor, als bei diesem; manches bleibt daher weiterer Forschung vorbehalten.

Von dem Absatze der Manganerze aus herabfliefsenden Gewässern war schon Bd. I. S. 908 ff. die Rede. Dort wurde gezeigt, dafs die *Sonnwalder* und *Hunsrücker* Eisen- und Manganerz-Formationen nur Auslaugeproducte aus dem Thonschiefer sind. Jedes sedimentäre und krystallinische Gestein, welches Manganoxydulsilicate enthält, kann Material zur Bildung von Manganoxyden liefern. Daher finden wir dieselben so häufig, wenn auch nur als Ueberzüge, in den verschiedenartigsten Gesteinen. Robert *) zeigte, dafs Manganoxydhydrat Nester in Thonlagern, und Ueberzüge auf Rollsteinen im *Seine*-Thal bei *Paris* und meist auf den Quarzen in der Kreide und im Diluvium an den Küsten der *Normandie* bildet. Nach Blum **) fand man am *Geisberg* bei *Heidelberg* ein Stück Psilomelan von ungefähr 15 Pf., der wahrscheinlich von einer Kluft im bunten Sandstein herrührte. Ein anderer Sandstein aus einer Steinbruch-Halde war an zwei entgegengesetzten Flächen mit kugelförmigem Psilomelan überzogen, welcher sich ohne Zweifel erst auf der Halde abgesetzt hatte.

Eine Verschiedenheit zwischen Mangan- und Eisenerzen zeigt sich darin, dafs man bis jetzt kein Mineral gefunden hat, welches irgend eine Manganverbindung verdrängen kann. Dafs die Manganoxyde und Manganoxydhydrate (Pyrolusit, Hausmannit, Braunit, Manganit und Psilomelan) als solche nicht vom Wasser aufgelöst werden können, ist begreiflich; ob sie, wie die Eisenoxyde, einer Reduction durch organische Substanzen fähig sind, ist noch nicht ermittelt. Aber auffallend ist es, dafs wir auch nicht den Manganspath

*) Compt. rend. XVII. No. 23. 1843.

**) Die Pseudomorphosen. S. 265.

verdrängt finden, da doch der ihm entsprechende Eisenspath durch Quarz und Hornstein verdrängt werden kann. Indeſs eine solche Verdrängung könnte, möglicher Weise, mit Verdrängungen anderer Carbonate verwechselt worden sein, da das Rhomboëder des Manganspath in seinen Winkeln nur wenig von dem anderer Carbonate, namentlich von dem des Eisenspath abweicht.

### Manganerze in Formen verschiedener Mineralien.

Von den Verdrängungspseudomorphosen des Pyrolusit, Hausmannit und Manganit nach Kalkspath war schon oben S. 1207 und 1208 die Rede. Seitdem habe ich bei meinem Freunde Blum auch eine Verdrängungspseudomorphose des Manganspath nach Kalkspath, welche auf Erzgängen im Porphyr zu *Nagyag* in *Siebenbürgen* vorkommt, gesehen. Sie ist ganz in Parallele mit der Pseudomorphose von Bitterspath nach Kalkspath (S. 1148) zu stellen. Dadurch erlangt die ohnedieſs sehr wahrscheinliche Vermuthung, daſs auch in den Verdrängungspseudomorphosen des Pyrolusit, Hausmannit und Manganit nach Kalkspath das kohlensaure Manganoxydul es war, welches die Verdrängung bewirkte (S. 1208), ihren directen Beweis.

### Pyrolusit nach Bitterspath.

Blum *) beschreibt eine solche Verdrängungspseudomorphose aus den Braunsteingruben von *Niedertiefenbach* bei *Limburg* an der *Lahn*. Die Krystalle sind auſsen rauh und uneben, innen etwas porös, zuweilen in der Mitte ganz hohl und gewöhnlich erdig. Daſs auch hier das kohlensaure Manganoxydul das Verdrängungsmittel war, und erst später die Umwandlung desselben in Pyrolusit erfolgte, ist nicht zweifelhaft.

### Psilomelan nach Barytspath.

Der Psilomelan findet sich nicht selten als Ueberzug

*) Nachtrag zu den Pseudomorphosen. S. 150.

auf Barytspathkrystallen, welche in der Regel noch vollkommen erhalten sind. Manchmal ist jedoch der schwefelsaure Baryt verschwunden *).

### Psilomelan nach Flufsspath.

Die von Freiesleben erwähnten würfeligen Afterkrystalle von schwarzem Glaskopf bei *Schneeberg* dürften, nach Blum **), wohl von Flufsspath herrühren.

Diesen drei Verdrängungen durch Manganerze entsprechen die nämlichen durch Eisenerze (S. 1333, 1334 u. 1337). Es bleiben aber noch viele Verdrängungen durch Manganerze zu entdecken übrig, wenn die Parallele vollständig werden soll.

Von einer Verdrängung des Würfelerz durch Psilomelan war schon oben (S. 1325) die Rede.

Wir betrachten noch die Umwandlungen der Manganerze unter sich. Sie sind so zahlreich, dafs es keinen Manganerzgang giebt, auf dem nicht wenigstens eine Umwandlung stattgefunden hat ***); sie beschränken sich jedoch nur auf die drei Fälle:

### Pyrolusit, Hausmannit und Braunit nach Manganit.

Die Umwandlung des Manganit in Pyrolusit beginnt an der Oberfläche und schreitet nach innen fort, zuweilen selbst bis zu seiner gänzlichen Veränderung. Man findet diese Umwandlungspseudomorphosen auf Manganerzgängen zu *Ilefeld*, zu *Ilmenau* †) und zu *Laisa* unweit *Marburg* ††). Die Um-

*) Blum die Pseudomorphosen. S. 265.

**) Ebend. S. 266.

***) Breithaupt Paragenesis. S. 199.

†) Blum die Pseudomorphosen. S. 168 und 169.

††) Breithaupt in n. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1850. S. 193. Nach ihm wandelt sich auch das von ihm Polianit genannte lichte Graumanganerz in Pyrolusit um. Vergl. dessen Abhandl. in Pogg end. Annal. Bd. LXI. S. 187.

wandlung des Manganit in Hausmannit giebt sich durch eine rauhe und wenig glänzende Oberfläche der Krystalle zu erkennen. Diese sind dann im Innern häufig mit einem Haufwerk octaëdrischer Krystalle von Hausmannit erfüllt und etwas porös. Auch hier scheint die Veränderung von aufsen nach innen fortzuschreiten. Breithaupt führt eine Umwandlung des Manganit in Braunit an.

Bei diesen Umwandlungen geht Hydratwasser fort und Sauerstoff wird aufgenommen. Die schon direct erwiesene Superoxydation des Mangans auf nassem Wege (Bd. I. S. 422 u. 423 und Bd. II. S. 558. 797. 810 ff.) erlangt auch von dieser Seite ihre Bestätigung *).

Fresenius**) wies durch Analyse eines von der äufseren, braunen Schicht befreiten Sinters aus dem *Kochbrunnen* zu *Wiesbaden* nach, dafs das doppelt kohlensaure Manganoxydul in diesem Thermalwasser nicht, wie das entsprechende Eisensalz, durch den Sauerstoff der Luft, sondern durch die entweichende Kohlensäure, welche das einfach kohlensaure Salz gelöst enthält, zersetzt wird. Der von jener äufseren Schicht nicht befreite Sinter enthielt aber eine höhere Oxydationsstufe des Mangans, und dieser Sauerstoff war also erst nach dem Entweichen der Kohlensäure aus der Luft aufgenommen worden.

Aus diesem Kochbrunnenwasser und wahrscheinlich ebenso

*) Breithaupt führt an (S. 198), dafs man in den Pyrolusit-Gruben in der Regel mit schlechten Wettern zu kämpfen habe. Der Sauerstoff der Grubenluft werde, besonders in neuen Anbrüchen, absorbirt, und die Grubenlichter brennen nicht. Dieses Verhalten sei z. B. in den Gruben von *Elgersburg* bei *Gotha* bekannt; in denen von *Langeberg* bei *Schwarzenberg* nahm er es selbst wahr. Er schliefst hieraus, dafs sich der Manganit auf seiner Lagerstätte noch nicht vollkommen in Mangansuperoxyd umgewandelt habe. Hierbei bezieht er sich auf eine Erfahrung von Lampadius, der denselben Pyrolusit Jahre lang zur Darstellung von Sauerstoffgas benutzte und behauptete, dafs das ausgeglühte Erz nur an einem luftigen Orte noch nicht ein volles Jahr zu liegen brauche, um den verlorenen Sauerstoff wieder aufzunehmen.

**) Jahrb. des Vereins für Naturkunde im Herzogth. Nassau. H. VI. S. 160.

aus anderen eisen- und manganhaltigen Gewässern fällt demnach zuerst vorzugsweise Eisenoxydhydrat und erst später kohlensaures Manganoxydul mit den Carbonaten der alkalischen Erden nieder. Daher nimmt der Sinter desto mehr an Eisenoxyd ab und an Carbonaten von Kalkerde, Magnesia und Manganoxydul zu, je weiter von der Quelle er sich ablagert.

Diefs ist eine wichtige Thatsache, welche erklärt, wie sich aus denselben Gewässern Eisenerze und Manganerze an verschiedenen Orten absetzen, und wie es daher möglich ist, dafs Manganerze abgesondert von Eisenerzen auftreten können, obgleich in Gebirgsgesteinen und eben so auch in Gewässern Mangan stets in Gesellschaft von Eisen vorkommt. Ein auffallendes Beispiel dieser Art wurde schon Bd. II. S. 806 und 811 angeführt. Ob das Manganoxyd früher als das Eisenoxyd abgesetzt wird, haben wir dort und S. 824 unentschieden lassen müssen. Unsere spätere Vermuthung, dafs Eisenoxydulcarbonat früher, als Manganoxydulcarbonat durch höhere Oxydation zersetzt wird (S. 826), ist aber durch Fresenius bestätigt worden. Damit stimmt auch Breithaupt's Bemerkung überein *), dafs in *Sachsen* die Eisenerze, wo sie mit Manganerzen zusammen vorkommen, früher als diese niedergeschlagen wurden, und dafs sie dann stets, wenn auch nur Spuren von Manganoxyd enthalten. Am *Thüringer Wald* scheint, nach Breithaupt, das Rotheisenerz auf die Manganerze zu folgen; hier stehen indefs neue Aufreifsungen der Gänge damit in Verbindung. Dafs sich Eisen und Mangan bei ihrem Absatze aus Gewässern nicht immer vollständig von einander sondern, wurde oben S. 821 und 825 gezeigt. Wie es kaum einen von Mangan ganz freien Eisenspath giebt, so haben auch die bisherigen Analysen in den Manganspäthen, blofs mit Ausnahme von *Kapnik* und *Nagyag*, Eisen nachgewiesen.

Die Gewässer, welche Manganerze absetzen, enthielten gewifs meist kohlensauren Kalk. Breithaupt macht auf das Zusammenvorkommen der Manganerze und des Kalkspath aufmerksam. Nach Credner **) wechseln auf der Grube

---

*) Paragenesis. S. 193.

**) Ebend. S. 195.

*Gottlob* zu *Friederichrode* bei *Gotha* die Manganerze mit Lagen von Kalkspath. Indefs in den Hauptfundorten der Manganerze, am *Thüringer Wald*, zeigen sich nur ausnahmsweise geringe Mengen Kalkspath (Bd. I. S. 427). Dagegen weisen die so häufigen Pseudomorphosen der Manganerze nach Kalkspath die frühere Gegenwart der kohlensauren Kalkerde nach (S. 1207). Die von Voigt angeführten Pseudomorphosen des Manganit nach Kalkspath, welche im Manganit liegen, zeigen den Absatz von kohlensaurem Manganoxydul selbst noch nach der Verdrängung des Kalkspath.

In Uebereinstimmung mit Fresenius's Untersuchungen geben die Analysen der Manganspäthe den gleichzeitigen Absatz der Kalk- und Magnesiacarbonate mit Manganoxydulcarbonat zu erkennen; denn in allen finden sich jene Carbonate, und die kohlensaure Kalkerde stets in gröfserer Menge als Magnesia- und Eisenoxydulcarbonat. Nur der, eine mehrere Zolle mächtige Schicht bildende erdige Manganspath von *Glandree* in *Irland* enthält, nach Kane *), kohlensaures Eisenoxydul in überwiegender, kohlensaure Kalkerde in geringer Menge und gar keine kohlensaure Magnesia.

Auffallend ist, dafs keine Umwandlungspseudomorphosen nach Manganspath bekannt sind, obgleich wir anzunehmen gezwungen sind, dafs Manganit, Pyrolusit, Hausmannit und Braunit aus kohlensaurem Manganoxydul hervorgegangen sind. Da die drei ersteren dieser Manganerze in Skalenoëdern und nicht in Rhomboëdern als Pseudomorphosen vorkommen: so ist eine Verwechslung der Manganspathformen mit Kalkspathformen nicht denkbar. Die angeführten Analysen zeigen, dafs ein reines kohlensaures Manganoxydul nicht existirt, sondern dafs der Manganspath stets unbestimmte Mengen der isomorphen Carbonate von Kalkerde, Magnesia und Eisenoxydul enthält. In dem von Breithaupt Manganocalcit benannten fleischrothen, strahligen Mineral von *Schemnitz*, welches, nach ihm, ein Arragonit ist, steigt, nach Rammelsberg **), der kohlensaure Kalk auf 19 Proc., die kohlensaure Magnesia beträgt 10 und das kohlensaure Eisenoxydul 3 Proc. Im Man-

*) Journ. f. pract. Chem. Bd. XLIII. S. 399.

**) Poggend. Annal. Bd. LXVIII. S. 511.

ganit, Pyrolusit, Hausmannit und Braunit fehlen dagegen Kalkerde, Magnesia und Eisenoxyd; nur Scheffler fand im Pyrolusit von *Ilmenau* 0,3 Kalk und 1,3 Proc. Eisenoxyd. Bei der vorausgesetzten Umwandlung der Manganspäthe in jene Manganoxyde mufsten daher die genannten isomorphen Carbonate ausgeschieden und die Manganspäthe zersetzt werden. Damit war aber auch eine Zerstörung der Krystallform verbunden, weil sich jene Manganoxyde nicht in der Form des Manganspath finden; abgesehen davon, dafs die Krystalle desselben überhaupt nur klein sind und er häufig nicht krystallinisch vorkommt. Es ist demnach sehr wahrscheinlich, dafs der Manganspath nach der Ausscheidung der isomorphen Basen und der Kohlensäure und nach Aufnahme von Sauerstoff und Wasser als Manganit krystallisirte, dessen Krystallform sich bei späterer Umwandlung in Pyrolusit, Hausmannit und Braunit häufig erhielt. Im Psilomelan finden sich meist Kalkerde bis 1,8, Magnesia bis 1 und Eisenoxyd bis 4,4 Proc.; es ist aber überhaupt zweifelhaft, ob dieses unkrystallinische Manganerz eine selbstständige Verbindung ist. Dafs im Psilomelan der Baryt in gröfster Menge auftritt, davon war schon Bd. I. S. 420 ff. die Rede.

Die Manganoxydulsilicate wurden schon Bd. I. S. 813 ff. abgehandelt.

---

## Nachtrag zu S. 1341.

### Brauneisenstein nach Beryll.

Eine sechsseitige Säule von Beryll, von *Zwiesel* in *Baiern*, erscheint, nach Sillem *), ganz ersetzt durch Brauneisenstein, und am oberen Ende, in der Mitte des Krystalls, findet sich etwas Quarz.

Indem der Beryll durch Eisenoxydhydrat verdrängt wurde, mag jener etwas zersetzt worden sein, und Quarz zurückgelassen haben.

### Magneteisen nach Strahlstein

beschreibt Sillem **). Die Stufe besteht aus einem Gewirre säulenförmiger Krystalle, wie sie beim Strahlstein häufig vorkommen, und ist stark magnetisch.

*) Ebend. S. 398 und Poggend. Ann. B. LXX. S. 568.

**) A. a. O. S. 400.

# Kap. XVIII.

## Glimmer.

---

Den Glimmer haben wir schon Bd. II. S. 1216. als das merkwürdigste unter den Umwandlungsproducten, als ein Mineral bezeichnet, in welchem die Verwandtschaft der Bestandtheile zu den Atmosphärilien fast Null geworden ist.

Unter dem Einflusse der Atmosphärilien stehen alle Mineralien auf der Erdoberfläche und bis zu solchen Tiefen, bis zu welchen Gewässer dringen. Mineralien, welche nicht unter diesem Einflusse, oder wenigstens unter solchen Umständen gebildet wurden, dafs die Atmosphärilien nicht einwirken konnten, werden daher Veränderungen erleiden, wenn sie in den Wirkungskreis derselben kommen. Die Bildungen in den Vulkanen gehen entweder ganz unabhängig von den Atmosphärilien oder doch nur unter Umständen vor sich, unter denen diese keinen Einflufs äufsern können. Defshalb werden auch Lava und alle vulkanischen Producte, wenn sie nicht durch Verglasung schwierig angreifbar geworden sind, den Atmosphärilien exponirt, mehr oder weniger schnell zersetzt. Wäre der Glimmer, welcher mit vulkanischen Producten aus Kratern ausgeworfen wird, eine Bildung auf feuerflüssigem Wege: so würde dieses höchst unveränderliche Mineral die einzige Ausnahme von dieser Regel sein; denn der Glimmer, welcher sich auf den vulkanischen Producten der erloschenen Vulkane des *Laacher-See's* (Bd. II. S. 983.) und der *Eifel* findet, zeigt auch nicht eine Spur von Zersetzung, selbst wenn er, wie es bei dem tombackbraunen der Fall zu sein scheint, eine

Farbenveränderung erlitten hat. Weil der Glimmer den Atmosphärilien in so hohem Grade widersteht: so ist zu schliefsen, dafs er gerade unter ihrem Einflusse entstanden, dafs er das Resultat ihrer fortwährenden Reaction auf eine grofse Zahl von Mineralien, welche das Material zu seiner Bildung liefern, sei.

Die aufserordentliche Theilbarkeit des Glimmers (S. 1218.) und seine grofse Unveränderlichkeit stehen mit einander gewisser Maafsen im Widerspruche. Wäre der Feldspath eben so theilbar, wie der Glimmer: so würde er, da er im Verhältnisse zum Glimmer so sehr leicht zersetzt wird, gewifs in sehr kurzer Zeit verwittern.

Theilbarkeit der Mineralien zeigt sich allerdings in hohem Grade bei denjenigen, welche sehr reich an Magnesia sind (S. 1219.). Selbst da, wo Uebergänge eines Minerals in ein anderes stattfinden, zeigt sich häufig mit Zunahme des Magnesiagehaltes auch eine Zunahme der Theilbarkeit. So sind der Bronzit und Hypersthen spaltbarer und reicher an Magnesia und an Eisenoxydul als der Diallag *). Allein auch diejenigen Glimmerarten, welche wenig oder gar keine Magnesia enthalten, zeigen die Spaltbarkeit in einem nicht geringeren, vielleicht sogar in einem höheren Grade, als die Magnesiaglimmer. Eine bestimmte Beziehung zwischen Theilbarkeit und irgend einem vorwaltenden Bestandtheile des Glimmers scheint nicht statt zu finden. Wenn aber gewifs manche unter den Plutonisten, welche die Bildung des Glimmers durch Umwandlungsprocesse bestreiten, diese für den Chlorit, Talk, Asbest und Amianth zulassen: so wird die grofse Theilbarkeit dieser Mineralien ihnen einen Fingerzeig geben, wie die des Glimmers gleichfalls für jene Bildungart spricht.

Die grofse Unveränderlichkeit des Glimmers kann in seiner Mischung nur in so weit gesucht werden, als er Kalkerde nicht als wesentlichen, sondern nur in sehr geringen Mengen als zufälligen Bestandtheil enthält. Die wegen ihres bedeutenden Kalkgehaltes so leicht zersetzbaren Mineralien, z. B. Wernerit, werden, wenn sie diesen Kalkgehalt verlie-

---

*) Köhler in Poggend. Ann. Bd. XIII. S. 117.

ren und sich in Glimmer umwandeln, höchst unveränderlich. Allein auch im Orthoklas fehlt die Kalkerde, und in ihm, wie in denen Glimmerarten sind Thonerde- und Alkali-Silicate wesentliche Bestandtheile, und doch ist die Zersetzbarkeit des Orthoklas und des Glimmers in so hohem Grade verschieden. Das Eisenoxydul, welches im Augit und in ähnlichen eisenhaltigen Mineralien durch seine höhere Oxydation so sehr die Zersetzung derselben befördert, steigt in manchen Glimmerarten bis zu einem sehr bedeutenden Betrage, und doch sind diese nicht weniger unveränderlich, als die eisenfreien. Wenn selbst das Eisenoxydul im Glimmer durch Oxydation auf nassem Wege in Eisenoxyd übergeht: so verändert er nur seine Farbe, nicht aber seine übrigen Eigenschaften. Wäre Magnesia stets ein bedeutender Bestandtheil der Glimmerarten: so könnte man die grofse Unveränderlichkeit dem Magnesiasilicat zuschreiben, da dieses in dem gleichfalls sehr unveränderlichen Chlorit, Serpentin und Speckstein enthalten ist. Allein im Kaliglimmer sinkt die Magnesia bis auf einen so geringen Betrag herab, dafs man ihr keinen Antheil an der grofsen Unveränderlichkeit des Glimmers zuschreiben kann.

Weder die aufserordentliche Theilbarkeit noch die grofse Unveränderlichkeit des Glimmers kann daher wesentlich in der chemischen Mischung desselben gegründet sein; sondern sie ist in der Zusammensetzung seiner Silicate oder in besonderen isomerischen Modificationen derselben zu suchen. Das Zinnoxyd bietet ein Analogon, indem es bekanntlich, je nach seiner verschiedenen Bildungsart, in Säuren auflöslich ist oder nicht.

Die verschiedenartigsten Verbindungen können als Glimmer auftreten. H. Rose *) sagt ganz richtig: das Wort Glimmer sei mehr eine Bezeichnung für eine gewisse Art des Vorkommens von mehreren Mineralien, als für eine bestimmte Mineralgattung. Berzelius bemerkt bei Mittheilung von

---

*) Poggend. Annal. Bd. LVIII. S. 168. Dessen ältere, reichhaltige Untersuchungen über den Glimmer finden sich ebend. Bd. I. S. 75., in Gilbert's Annal. Bd. LXXI. S. 13. und in Schweigger's Journ. XXIX. S. 282.

acht Glimmer-Analysen von L. Svanberg *), welche eine aufserordentlich verschiedene Zusammensetzung zeigen, dafs eine solche Verschiedenheit es nicht rechtfertigen könne, den Glimmer als eine einzige Mineralspecies zu betrachten. Aber diese auf gleiche Weise krystallisirten Körper müssen doch aus binären Oxydverbindungen, in welchen die chemischen Proportionen gelten, zusammengesetzt sein. Es sei also keine allgemeine Formel, sondern es seien die binären Oxydverbindungen und die Fluorverbindungen aufzusuchen, welche darin enthalten sind. Dann möchte es möglich werden, dieselben in wahrscheinliche Verhältnisse zusammen zu führen. Diefs ist, was Svanberg versucht hat, und er hat gezeigt, dafs das Verhältnifs zwischen Basen und Kieselsäure mit dem Vorhandensein wahrscheinlicher Silicate übereinstimmt. Demgemäfs würden diese Silicate aus zwei Verbindungen zusammengesetzt sein, die für sich als eine Mineralspecies vorkommen können. Versucht man auf diese Weise die gefundenen Silicate in solchen Verhältnissen zu paaren, so zeigen sich gewöhnlich mehrere, zwischen welchen es nicht möglich ist, zu entscheiden, ob das eine Vorzüge vor dem andern habe. So glaubt z. B. Svanberg den Glimmer von *Broddbo* für eine Paarung von 1 At. wasserhaltigem Oligoklas mit 9 At. Sillimanit, den grobblättrigen sogenannten Chlorit von *Sala* für eine Paarung von 1 At. wasserhaltigem Wernerit mit 3 At. Olivin halten zu können.

Diese Ansichten lassen sich mit der Bildung des Glimmers aus so vielen Mineralien wohl einigen. Danach möchte diese Bildung in manchen Fällen auf eine Paarung eines gegebenen Minerals mit einem erst entstehenden zurückzuführen sein. Da wir künstliche Paarlinge oder gepaarte Verbindungen darzustellen vermögen: so kann man Aehnliches auch im Mineralreiche voraussetzen, und diefs um so mehr, als die Gewässer Silicate, mithin die Materialien enthalten, welche mit vorhandenen Mineralien solche gepaarte Verbindungen bilden können. Die weiter unten angeführten Untersuchungen, wonach in den Glimmerschiefern zwei verschiedene Bestandtheile oder Glimmerarten enthalten zu sein scheinen, deuten in der That auf solche Verhältnisse.

*) Jahresbericht Bd. XX. S. 234.

Rammelsberg *) theilt die Glimmerarten nach ihren vorwaltenden Bestandtheilen in: 1) Kaliglimmer, 2) Magnesiaglimmer, in denen die Magnesia einen wesentlichen Bestandtheil ausmacht, 3) Lithionglimmer, welche sich durch einen nicht unbeträchtlichen Lithiongehalt und durch leichte Schmelzbarkeit auszeichnen. Diese Eintheilung ist gewifs sehr zweckmäfsig, um in die grofse Mannichfaltigkeit der Glimmerarten nur einige Einheit zu bringen. Ueberblickt man die Resultate der Analysen, so kann man es nicht begreifen, wie die verschiedenen Glimmerarten so übereinstimmende physikalische Eigenschaften besitzen können.

Die aufserordentlichen Schwankungen in den Bestandtheilen der Glimmerarten sprechen gegen die Möglichkeit, für sie eine chemische Formel aufzustellen. Rammelsberg **) hat sich defshalb zwar viele Mühe gegeben, allein er erreichte doch nur, sie unter mehrere Formeln zu bringen, indem er annahm, das Eisen sei als Oxyd vorhanden: eine Annahme, womit wir indefs nicht übereinstimmen können, wie das Folgende darthun wird.

Die nachstehenden Minima und Maxima der in die Glimmerarten eingehenden Hauptbestandtheile zeigen die grofse Mannichfaltigkeit in der Zusammensetzung dieser Mineralien.

| | Minimum. | Maximum. |
|---|---|---|
| Kieselsäure . . . | 36 Proc. | 71 Proc. |
| Thonerde . . . . | 6 „ | 38 „ |
| Eisenoxydul . . } Eisenoxyd . . } | 0 „ | 36 „ |
| Magnesia . . . . | 0 „ | 29 „ |
| Kali . . . . . . | 2 „ | 14 „ |
| Lithion . . . . . | 0 „ | 5,7 „ |
| Fluor . . . . . . | 0 „ | 10,4 „ |

Natron, welches in den älteren Glimmer-Analysen nicht als Bestandtheil aufgeführt ist, haben neuere, jedoch gegen

*) Handwörterbuch. Abth. I. S. 260.
**) Viertes Suppl. S. 75 ff.

Kali, stets in untergeordneten Verhältnissen nachgewiesen. In den unten folgenden Glimmerarten und Glimmerschiefern habe ich durchweg Natron und in einem sogar in gröfserem Verhältnisse als Kali gefunden. Bei einer Revision sämmtlicher älteren Analysen dürfte sich Natron in allen Glimmerarten ebenso finden, wie es bei einer solchen Revision in allen Kalifeldspathen nachgewiesen wird.

Die meisten Glimmerarten enthalten Wasser bis zu 4 Proc.; nur wenige sind ganz wasserfrei. An eine bestimmte Glimmerart scheint sich Gegenwart oder Abwesenheit des Wassers nicht zu knüpfen; denn dieselbe Glimmerart erscheint bald wasserfrei, bald wasserhaltig. Ein Glimmer auf einem Auswürfling des *Vesuv* verlor durch Glühen, nach Bromeis *), 0,75 Proc. Ein in Augit eingewachsener Glimmer von einem solchen Auswürfling enthielt aber, nach Chodnew **), weder Wasser, noch eine Spur von Fluor. Ein grünlicher Glimmer aus einem Auswürfling im Tuffe am Fufse des *Vesuv* verlor durch Glühen, 0,165 Proc.

Im silberweifsen Glimmer hat schon Knox ***) 1,33 Proc. bituminöses Wasser und Spuren von Ammoniak nachgewiesen. Aus dem Lithionglimmer von *Altenberg* im *Erzgebirge* extrahirte Stein †) durch Alkohol eine organische Substanz ††). Glimmer aus einem basaltischen Gesteine im

---

*) Poggend. Annal. Bd. LV. S. 112.

**) Ebend. Bd. LXI. S. 381.

***) Ann. de chim. et de phys. T. XXV. P. 187.

†) Journ. f. pract. Chemie. Bd. XXVIII. S. 295.

††) Da dieser Glimmer in den Anstalten künstlicher Mineralwasser zur Gewinnung des Lithion benutzt wird: so werden gewöhnlich 16 Cntr. davon auf einmal in Arbeit genommen. Obgleich bei dieser technischen Operation eine Hitze angewandt wird, die Alles austreibt, was nicht feuerbeständig ist, so findet sich doch bei der weiteren Bearbeitung des Minerals ein organischer Stoff, der die Flüssigkeiten braun färbt und beim Abdampfen die Salze schwärzt. Die Gegenwart dieses Stoffes, der sich aufserdem beim Abdampfen der salzsauren Flüssigkeiten durch einen eigenthümlichen unangenehmen Geruch zu erkennen giebt, ist um so lästiger, weil er sich nicht unmittelbar durch Behandlung der Flüssigkeiten mit thierischer Kohle entfernen läfst. Es müssen die

*Laacher-See*, in einer Glasretorte bis zum Rothglühen erhitzt, gab 3,65 Proc. Wasser von brenzlichem Geruche und alkalischer Reaction. In stärkerer Hitze verlor er noch 1,25 Proc. Silberweifser Glimmer aus dem Gneifse bei *Aschaffenburg* gab 0,49 Proc. Wasser von schwach brandigem Geruche und saurer Reaction. Beim stärkeren Erhitzen im Platintiegel verlor er noch 4,21 Proc. Ohne Zweifel würde man in den meisten Glimmerarten, von denen ähnliche Glühverluste angegeben sind, theils Zersetzungsproducte stickstoffhaltiger Substanzen, theils, wie schon längst bekannt, Spuren von Flufssäure im überdestillirten Wasser finden.

Die Plutonisten, welche den Glimmer auf pyrogenem Wege entstehen lassen, können die Existenz organischer Substanzen in einer feuerflüssigen Masse nicht annehmen; sondern sie müssen sich dieselben nach seiner Bildung durch Gewässer eingeführt denken. Haben aber die Gewässer organische Substanzen im Glimmer abgesetzt: so können sie noch vielmehr unorganische abgesetzt und dadurch seine Bildung aus vorhandenem Material bewirkt haben, da unorganische Substanzen in viel gröfserer Menge als organische in Gewässern gelöst vorkommen. Am leichtesten zu begreifen ist ein solcher Absatz in einem Gesteine, welches, wie jenes Glimmer-haltige, seit undenklichen Zeiten im Seewasser, das diese Stoffe enthält, gelegen hatte. Wenn indefs unorganische Substanzen meist durch Austausch aus Gewässern aufgenommen werden: so ist Aehnliches auch von organischen zu vermuthen. Dafs diese bei der Glimmerbildung aus einem Materiale, welches

---

Salze zur Trockenheit gebracht, stark geglüht, in Wasser wieder gelöst und nun erst mit thierischer Kohle behandelt werden. Manchmal gelingt es sogar erst nach wiederholtem Glühen und Behandeln mit Kohle, den lästigen und hartnäckigen Begleiter zu entfernen.

Solche organische Substanzen in Mineralien werden bei den Analysen selten beachtet, sondern verstecken sich meist in den Glühverlust, der bei dem in Rede stehenden Lithionglimmer 1,53 Proc. betrug. Diese Substanzen würden auch bei diesem Mineral unbeachtet geblieben sein, wenn es nicht zu technischen Zwecken benutzt und defshalb in grofsen Massen verarbeitet würde.

Eisen gröfstentheils als Oxyd enthält, eine Rolle spielen, ist nicht zu bezweifeln; denn im Glimmer ist das Eisenoxydul wenigstens vorherrschend gegen das Eisenoxyd.

Die meisten Glimmerarten verlieren durch Glühen ihren Glanz und verändern ihre Farbe. Weifse Glimmerblättchen von *Aschaffenburg* büfsen in der Weingeistflamme an denjenigen Stellen, wo sie zum Glühen kommen, ihre Durchsichtigkeit ein und werden matt silberglänzend. Da die Flamme nur die äufsern Stellen des Blättchens zum Glühen bringt: so bildet sich hier ein undurchsichtiger Kranz von 1 bis 2 Lin. Breite, der die noch völlig durchsichtige Mitte einschliesst. Läfst man die Flamme durch ein Loch im Blättchen dringen: so bildet sich um dasselbe herum gleichfalls ein undurchsichtiger Kranz *). Beim starken Glühen im Platintiegel nehmen diese Blättchen eine goldgelbe Farbe an.

Die Farbenveränderung des Glimmers beim Glühen rührt, nach H. Rose, vom entweichenden Fluorkieselgas her. Er fand, dafs fluorhaltige Glimmerarten, welche durch Glühen keinen Gewichtsverlust erleiden, auch nicht ihren Glanz verlieren. Ist im eisenhaltigen Glimmer das Fluor an Eisen gebunden (Bd. I. S. 483.): so begreift man die Entwicklung des Fluorkieselgases beim Erhitzen in einer Porcellan- oder Glasretorte; denn das Eisenfluorür wird beim schnellen Erhitzen zersetzt. Da indefs manche Lithionglimmer gar kein Eisen, gleichwohl aber bedeutende Mengen Fluor enthalten: so mufs dieses darin an andere Metalle, wahrscheinlich an die der Alkalien (Bd. I. S. 438 und 483), gebunden sein, deren neutrale alkalische Fluorüre in der Glühhitze nicht zersetzt werden. So giebt der Lithionglimmer von *Juschakowa*, der 10,4 Proc. Fluor enthält, nur einen Glühverlust von 0,28 Proc., wobei er seinen Glanz fast gar nicht verliert. Ist das Fluor

*) Talbot (Lond. and Edinb. Phil. Mag. IV. p. 112) fand, dafs der erhitzte Theil des Glimmerblättchens, durch das Mikroskop betrachtet, aus Myriaden von Sprüngen besteht, welche Kreuze bilden. Die dadurch entstehenden Rauten sind zwischen zwei der, einander entgegengesetzten Winkel viel dunkler, als zwischen den beiden anderen. Diese Dunkelheit verschwindet durch Eintauchen in Oel.

in manchen Glimmerarten theils an Eisen, theils an die Metalle der Alkalien gebunden: so wird es beim Glühen nur theilweise ausgetrieben.

Das künstliche Eisenfluorür krystallisirt in kleinen weifsen Krystallen, die an der Luft gelb werden, das Eisenfluorid ist ein blafs fleischrothes, krystallinisches Salz. Werden diese Fluormetalle durch schnelles Erhitzen zersetzt: so lassen sie Eisenoxyduloxyd, oder beim Zutritte der Luft blofs Eisenoxyd zurück. Der Uebergang der weifsen oder grünlichen Glimmerarten in kupferroth oder tombackfarben durch Glühen würde sich daher aus der Zersetzung jener Fluormetalle erklären lassen. Sind indefs diese Farbenveränderungen, wie meist, sehr intensiv: so rühren sie wohl mehr vom Uebergange des Eisenoxydulsilicat, welches in den eisenreichen Glimmerarten gewifs neben Fluoreisen vorhanden ist, in Eisenoxydsilicat, her *).

Diese Oxydation findet gewifs auch auf nassem Wege statt. Am *Laacher-See* finden sich zweierlei Gesteine, welche sehr reich an Glimmer sind. Das eine ist ein zwar veränderter Basalt, der aber noch dessen Farbe besitzt. Das andere Gestein hat eine hellbraune, im Innern röthlichbraune Farbe. Es enthält, wie jenes, viele Augitkrystalle und ist ge-

---

*) Da die Farbenveränderungen des Glimmers selbst in verschlossenen Platintiegeln, zu welchen die atmosphärische Luft doch nur einen sehr beschränkten Zutritt hat, erfolgen, da jener Glimmer aus dem *Laacher-See* beim Erhitzen in der Glasretorte seine Farbe wenig oder gar nicht verändert, und erst beim stärkeren Glühen im Platintiegel tombackbraun wird: so mufs man fragen, ob die Oxydation des Eisenoxydulsilicat nicht gröfseren Theils auf Kosten des Hydratwassers im Glimmer erfolge? Bunsen (Poggend. Annal. Bd. LXXXIII. S. 230) fand, dafs beim Glühen eines Gesteins, welches Eisenoxydulsilicat enthält, mit Kalihydrat, jenes durch den Sauerstoff des Hydratwassers, unter Wasserstoffgas-Entwicklung, zu Eisenoxydsilicat wird. Ist auch das Hydratwasser im Glimmer nicht mit so grosser Kraft, wie im Kalihydrat gebunden: so zeigen doch die obigen Versuche, dafs es auch aus jenem erst in starker Glühhitze entweicht. Es ist daher wohl denkbar, dafs auch das Eisenoxydulsilicat im Glimmer auf Kosten seines Hydratwassers oxydirt werden kann.

wifs dasselbe basaltische Gestein, welches sich jedoch durch Oxydation seines Eisenoxyduloxyds bedeutend verändert hat. Der Glimmer im ersteren hat die genannte graulichschwarze Farbe, und zeigt sich in dünnen Blättchen bräunlich durchscheinend; der Glimmer im letzteren ist dagegen tombackfarben. Jener wird durch Glühen tombackfarben, wobei sich sein Glanz erhöht, und gleicht dann vollkommen diesem, der seine Farbe und seinen Glanz durch Glühen nicht verändert. Er gleicht auch dem Glimmer auf den Schlacken- und Rapillis vom *Leilekopf* und *Herchenberg*, der seine Farbe beim Glühen auch nicht wesentlich verändert. Der Glimmer auf dem, in seiner Farbe nicht veränderten basaltischen Gestein scheint also durch Glühen dieselbe Farbenveränderung zu erleiden, welche der Glimmer auf dem hellbraunen basaltischen Gesteine durch gleichzeitige Oxydation mit demselben auf nassem Wege schon erlitten hat *).

Ein tombackbrauner Glimmer, in dessen Mischung entweder schon ursprünglich Eisenoxydsilicat eingegangen ist, oder das sich erst im Laufe der Zeit durch Oxydation des Eisenoxydulsilicat gebildet hat, kann daher durch Glühen keine wesentliche Farbenveränderung mehr erleiden. Schliefsen wir

---

*) Wir verweisen hierbei auf Blum's Bemerkung, dafs der pseudomorphe Glimmer in der Regel die Farbe des Minerals hat, aus welchem er entstanden ist (Bd. II. S. 873). Er belegt diefs unter andern mit folgenden Beispielen. Der Lithionglimmer, der aus Lithionturmalin hervorging, besitzt die characteristische pfirsichblüthrothe Farbe. Der Glimmer, der aus rothem Pinit entstand, hat eine rothe, der aus dem grünen, eine grüne Farbe. Die Farben des Glimmers und des Augits in einer Stufe aus dem *Fassathal* (Bd. II. S. 561) stimmen, wenn man vom Glanze abstrahirt, mit einander überein. Auch der Glimmer und Augit im weniger veränderten basaltischen Gesteine vom *Laacher-See* haben übereinstimmende Farben. Aber es kommen auch Fälle vor, wo die Farben des Glimmers und des Minerals, aus dem er entstand, verschieden sind, welches wohl davon herrührt, dafs sich beide später ungleich verändert haben. Je nachdem sich z. B. im Glimmer und im noch nicht umgewandelten Mineral das Eisenoxydul höher oxydirte oder nicht, oder sich in dem einen, aber nicht in dem anderen höher oxydirte, erfolgten Farbenveränderungen oder nicht, oder in dem einen so, in dem anderen anders.

demnach aus der Farbenveränderung eines Glimmers durch Hitze, daſs derselbe nicht auf pyrogenem Wege entstanden und auch nicht einer vulkanischen Hitze ausgesetzt gewesen sein kann: so können wir nicht umgekehrt schlieſsen, daſs ein Glimmer, der seine Farbe beim Glühen nicht verändert, auf diesem Wege entstanden sei, oder bereits vulkanische Hitze ausgehalten habe.

Wollen die Plutonisten den Wassergehalt des Glimmers einer pyrogenen Bildung unter hohem Drucke zuschreiben: so müſste auch die Erstarrung unter solchem Drucke stattgefunden haben. Auf diese Weise können sie aber den Wassergehalt des Glimmers auf Schlacken und auf lose über einander gehäuften Rapillis, wie am *Herchenberg*, am *Leilekopf* und am *Laacher-See*, nicht erklären, da diese vulkanischen Producte an der Erdoberfläche, also unter dem gewöhnlichen Luftdrucke erstarrt sind. Sie müssen daher annehmen, daſs das Wasser erst nach der vorausgesetzten plutonischen Bildung von diesem Glimmer aufgenommen worden sei. Unerklärlich würde aber bleiben, warum dieser Glimmer nicht gleich bei seiner Bildung in hoher Temperatur die Farbenveränderung erlitt, welche er jetzt in geringer Hitze erleidet; denn der auf den Schlacken und Rapillis erhitzte Glimmer würde sich unter denselben Umständen befunden haben, wie der, welcher künstlich erhitzt wird. Wollten die Plutonisten annehmen, die Rapilli seien mit ihrem Glimmer im schon erkalteten Zustande aus dem Krater geschleudert worden: so kann diese Annahme nicht gelten für die glimmerhaltigen schlackigen Massen, welche am Ufer des *Laacher-See's* zerstreut liegen, und in Felsmassen dort anstehen. Diese tragen das unverkennbare Gepräge einer sehr schnellen Erstarrung, und dieſs steht im Widerspruche mit einer pyrogenen Bildung des Glimmers, eines Minerals, welches man noch nicht auf diesem Wege hat künstlich darstellen können, während dieſs mit dem Augit gelungen ist. Gleichwohl finden sich in diesen Schlackenmassen nur äuſserst selten kleine Augitkrystalle. Wäre der Glimmer, den sie enthalten, eine pyrogene Bildung: so würde sich der Widerspruch herausstellen, daſs ein Mineral, von dem die Plutonisten annehmen müſsten, daſs es nur bei äuſserst langsamer Erstarrung und Erkaltung entstehen könne, in den

schnell erstarrten Schlacken gebildet worden wäre, während der Augit, welcher schon bei weniger langsamer Erstarrung wirklich entstehen kann, nicht gebildet worden wäre, obwohl es am Materiale zu seiner Bildung in der augitischen Masse dieser Schlacken gewifs nicht gefehlt hat.

An dem schon erwähnten *Leilekopf* bei *Nieder-Lützingen*, unfern *Brohl* am *Rhein*, ein durch eine Sandgrube aufgeschlossener Schlackenkegel, findet man Glimmer manchmal in zollgrofsen Täfelchen und Blättchen zwischen den Rapillis, welche gewöhnlich die Gröfse des Quarzsandes haben, manchmal aber auch bis zu Haselnufs- und selbst bis zu Faustgröfse steigen *). Die geneigte Schichtung zeigt, dafs sie aus einem dermalen zerstörten Krater ausgeworfen und auf einer schiefen Ebene hinabgerollt sind. Man kann nicht annehmen, dafs dieser Glimmer mit den Rapillis und den zwischenliegenden gewundenen Schlacken ausgeworfen worden sei; denn Glimmertäfelchen, welche aus zarten und feinen Blättchen bestehen, und einen so geringen Zusammenhalt haben, dafs sie sich zwischen den Fingern zertheilen und zerbrechen, würden sich auch beim Herabrollen mit ihren groben Begleitern zertheilt haben. Sie scheinen also erst an den Stellen, wo wir sie finden, aus der Augitlava-Masse der Rapillis entstanden zu sein. An einer Stelle der Sandgrube zeigt sich ein oft wiederholter Wechsel zwischen, einige Zolle dicken Schichten von Rapillisand und haselnufsgrofsen Rapillis. Nur zwischen letzteren findet man, und zwar aufserordentlich häufig, Glimmerparthien, nicht aber im lose adhärirenden Sande. In einem herabgefallenen Blocke aus lose zusammenhängenden Rapillis trifft man viele Glimmertafeln an, zwischen deren Blättchen sich dünne Lagen von kohlensaurem Kalk mit Spuren von kohlensaurer Magnesia befinden. So weit man die Spaltung der Tafeln fortsetzt, stets brausen die Blättchen auf der Oberfläche mit Säuren. Auch die Rapilli selbst, nicht blofs in diesem Blocke, sondern an allen Stellen der Sandgrube brausen stark mit Säuren. Sie sind daher da, wo sie jetzt liegen, von Gewässern durchdrungen worden, welche kohlen-

---

*) Meine Abhandl. im amtlichen **Berichte d. Versammlung d. Naturf.** in Aachen. S. 245. ff.

sauren Kalk in ihnen abgesetzt haben. Dieses Carbonat ist theils ein Zersetzungsproduct der Kalksilicate in den Rapillis *), theils ein Auslaugeproduct aus dem, sie an einer Stelle bedeckenden Löfs, der auch Kalkconcretionen (die sogenannten Löfspüppchen, Löfsmännchen u. s. w.) und einzelne gröfsere Rapilli, mit einer Rinde kohlensauren Kalks an ihrer untern Fläche bekleidet, enthält. Diese Kalkabsätze zeigen unverkennbar das Spiel der Gewässer, welche das Rapillilager durchdrungen haben und noch durchdringen. Wo aber den Gewässern ein so leichter Zutritt gestattet ist, da kann auch Glimmer entstehen, dessen Bildung aus basaltischen Massen oder aus Augitlava, wie wir unten sehen werden, sehr leicht zu begreifen ist, und wobei stets Kalk als Carbonat ausgeschieden werden mufs.

Am *Herchenberg* und an den *Kunksköpfen* bei *Wassenach* findet sich Glimmer nicht zwischen den Rapillis, sondern nur in schwammigen Schlacken, welche in denselben liegen.

Der Lithionglimmer erleidet durch Schmelzen dieselbe Veränderung, wie der Granat und der Vesuvian (Bd. II. S. 470 und 505); er wird dadurch vollkommen zersetzbar durch Säuren. Die daraus gezogenen Schlüsse auf die Entstehungsart jener Mineralien gelten also auch für den Lithionglimmer. In diesem finden wir sogar nahe dieselbe Menge Kieselsäure, wie im Granat und Vesuvian; es ist daher auch dieselbe Wirkung der überschüssigen stärkeren Basen, wie in letzteren, beim Schmelzen zu erwarten (S. 471). Ob andere Glimmerarten

*) Wie rasch diese Zersetzung von Statten geht, sah ich an den glimmerhaltigen Rapillis des *Herchenberg*. In einer erst seit einigen Jahren aufgegrabenen Grube waren die entblösten Rapilli mit einem Kalküberzuge bekleidet, nicht aber die nicht entblösten. Thomae (der vulkanische Roderberg bei Bonn S. 22) berichtet, wie die der Atmosphäre ausgesetzten Schlacken dieses erloschenen Vulkans oft in kurzer Zeit mit Bitterkalk als Anflug, traubig und tropfsteinartig, überzogen werden. Schlacken, 3—4 Fufs tief ausgegraben, waren frei von Bitterkalk. Nach vier Wochen waren sie aber alle damit überzogen. Er erwähnt auch (S. 40) schwarzer, oft von Bitterkalk incrustirter Rapilli, die in einen Streifen eines feinen vulkanischen Sandes übergehen, welcher kleine silberweifse Glimmerblättchen enthält.

durch vorhergegangenes Glühen ebenfalls leichter zersetzbar durch Säuren werden, ist noch nicht ermittelt.

H. Rose *) fand, dafs einaxiger Glimmer obgleich schwer, doch sehr merkbar durch Digestion mit Säuren angegriffen wurde, dafs dagegen die zweiaxigen Glimmer in den stärksten Säuren durchaus unauflöslich sind. v. Kobell **) zersetzte drei einaxige Glimmer, welche von Salzsäure nicht sehr bedeutend angegriffen wurden, vollständig durch Schwefelsäure, wobei die Kieselsäure in weifsen und perlmutterartig glänzenden Blättchen zurückblieb. Zwei zweiaxige Glimmer auf dieselbe Weise behandelt, wurden dagegen nicht sehr merklich angegriffen. Der Lithionglimmer wird, nach Stein ***), von Schwefelsäure vollständig, von Salzsäure und Salpetersäure nur zum Theil zerlegt. Kersten †) fand, dafs zwei Glimmer aus den Graniten *Marienbad's* gleichfalls von Schwefelsäure vollständig zerlegt wurden; dafs sie einaxig seien, wurde aber nicht nachgewiesen. Ueberhaupt ist ein Zusammenhang zwischen den optischen, krystallographischen und chemischen Eigenschaften der Glimmerarten noch gar nicht aufgeklärt ††). Verschiedene Magnesiaglimmer von Schlacken vom *Leilekopf, Herchenberg* und aus dem *Laacher-See,* welche mein geehrter Freund Bromeis auf meine Bitte analysirte, wurden durch heifse concentrirte Salzsäure, besonders nach vorhergegangenem Glühen, zersetzt. Nach Delesse †††) werden alle tombackbraunen Glimmer granitischer Gebilde durch kochende concentrirte Salzsäure vollkommen zersetzt, und die Kieselsäure, welche weifs und perlmutterglänzend ist, behält die Blätterform bei. Die Glimmerschiefer werden, nach den unten folgenden Analysen, von der Schwefelsäure mehr oder weniger aufgeschlossen.

Wie durch künstliche, so kann der Glimmer auch durch

---

*) Gilbert's Annal. Bd. LXXI. S. 18.

**) Kastner's Archiv. Bd. XII. S. 35.

***) Journ. f. pract. Chemie. Bd. XXVIII. S. 296. Vergl. auch C. Gmelin in Gilbert's Annal. Bd. LXIV. S. 371.

†) n. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1845. S. 664 u. 666.

††) Poggend. Annal. Bd. LXI. S. 384.

†††) n. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1851. S. 430.

eigenthümliche Processe im Mineralreiche zersetzt werden. Oben (Bd. I. S. 502) war schon von einer Umwandlung desselben in Speckstein die Rede. Seitdem fand Blum *) diese Umwandlung auch zu *Monzoni* in *Tyrol* **), zu *Oxbow* und *Sommerville* im Staate *New-York* und zu *Ersby* und auf *Pargas* in *Finnland*. Glanz, Farbe und Spaltbarkeit sind verschwunden, letztere hat sich wenigstens sehr vermindert, und die Glimmertafeln haben sich in eine matte, glanzlose, unebene, rauhe und bräunlichgelbe oder unrein röthliche Masse umgewandelt. Die Umwandlung beginnt an den Seitenflächen und setzt sich in den Spaltungsrichtungen, dem Laufe der zersetzenden Gewässer folgend, fort. Durch welchen Procefs alle Silicate des Glimmers, aufser dem Magnesiasilicat, verdrängt werden, ist nicht bekannt; jeden Falls gehört er in die Kategorie der schon früher (Bd. I. S. 789 ff. und Bd. II. S. 502) erörterten Umwandlungen in Speckstein überhaupt. Bemerkenswerth ist, dafs der in Speckstein umgewandelte Glimmer vorzugsweise im körnigen Kalk oder doch mit Kalkspath gemengt vorkommt. Da Kalkbicarbonat kieselsaures Alkali zersetzt (Bd. II. S. 809): so würde die Zersetzung und Fortführung der kieselsauren Alkalien durch kalkhaltige Gewässer, schwieriger aber die Fortführung des Thonerdesilicat zu begreifen sein.

Auf den unmerklichen Uebergang des Glimmers in Talk, der sich auch beim unmerklichen Uebergange des Glimmerschiefers in Talkschiefer zeigt, hat schon C. G. Gmelin ***) aufmerksam gemacht.

Auch in Serpentin umgewandelt findet sich der Glimmer zu *Sommerville* †). Von diesen Umwandlungspseudomorphosen gilt im Allgemeinen, was von der Umwandlung des Glimmers in Speckstein bemerkt wurde; beide Processe gehören ganz in dieselbe Kategorie. Auch diese Pseudomor-

*) Nachtrag zu den Pseudomorphosen S. 73 ff.

**) Der Bd. I. S. 502 beschriebene Speckstein nach Glimmer ist vom *Dualta la Toja*, nicht von *Monzoni*.

***) Poggend. Annal. Bd. VI. S. 226. Vergl. Rammelsberg zweites Supplement. S. 144.

†) Nachtrag u. s. w. S. 79 ff.

phosen kommen im Gemenge mit Kalkspath und unverändertem Glimmer vor.

Von der Verdrängung des Glimmers durch Hornstein war Bd. II. S. 1322 die Rede. Der Grund, warum sich Glimmer nicht als Verdrängungspseudomorphose nach irgend einem Mineral findet, wurde Bd. II. S. 230 angegeben.

## Vorkommen der Glimmerarten.

Kaum giebt es wohl ein krystallinisches Gestein, in welchem nicht, wenigstens manchmal, Glimmer angetroffen wird. Als wesentlicher Gemengtheil tritt er im Granit, Gneifs, Glimmerschiefer u. s. w. auf.

Nur besonders merkwürdige Fundorte des Glimmers und eigenthümliche Verhältnisse seines Vorkommens führen wir an.

I. In den zur Granitgruppe gehörenden Gebirgsarten findet sich, nach G. Rose *), der weifse (Kali-) Glimmer in unregelmäfsig begrenzten Blättchen, zuweilen auch in deutlichen rhombischen Tafeln, der schwarze (Magnesia-) Glimmer zwar auch in unregelmäfsig begrenzten Blättchen, aber schon häufiger, als jener, in sechsseitigen Tafeln. Nicht selten trifft man die braunen Abänderungen des Glimmers in regelmäfsiger Verwachsung mit dem weifsen und zwar so, dafs die Spaltbarkeit aus dem einen in den andern in unveränderter Richtung fortsetzt, der weifse Glimmer aber an den Rändern den braunen umgiebt. Diese Verwachsung ist fast bei jedem Granit zu sehen, wo beide Glimmer vorkommen. Ehrenberg beobachtete sie auch bei dem käuflichen weifsen Glimmer, den man zu mikroskopischen Untersuchungen gebraucht. Hier finden sich in den weifsen Blättern häufig kleine dunkelbraune, scharf begrenzte sechsseitige Tafeln, oft nur $\frac{1}{2}$ Lin. und noch weniger grofs. In zwei Glimmerblättchen, welche ich seiner Güte verdanke, zeigte sich nur ein einziges Täfelchen bis auf die sechste abgerundete Seite scharf ausgebildet; in den übrigen erkennt man theils nur zwei Seiten mit eingeschlossenem Winkel, theils zwei Täfelchen übereinander ge-

*) Zeitschrift d. deutschen geol. Gesellschaft. Bd. I. S. 356.

schoben, grofsen Theils aber unregelmäfsige Parthien, gleichsam als wären sie mit einem Farbenpinsel aufgespritzt. Eine grofse von meinem geehrten Freunde Röfsler in *Hanau* erhaltene Tafel von rauchgrauem Glimmer aus *Bengalen* enthält gleichfalls solche ganz oder theilweise ausgebildete, dunkelbraune, sechsseitige Täfelchen zwischen den Lamellen, welche abgelöst werden können, meist aber kleine Parthien in unregelmäfsigen Formen. Zwischen den Lamellen findet sich auch Eisenoxydhydrat. Dünne Glimmerblättchen erscheinen wie übersäet von mikroskopisch kleinen Pünctchen, welche, in Gruppen und Streifen zusammengedrängt, die mannichfaltigsten Zeichnungen bilden.

Es hält schwer, sich eine richtige Vorstellung von diesen Bildungen zu machen. Der von G. Rose hervorgehobene Umstand, dafs in granitischen Gesteinen der Magnesiaglimmer häufiger regelmäfsig ausgebildet erscheint, als der Kaliglimmer, tritt auch bei Vergleichung von Gesteinen, welche fast ausschliefslich nur diese oder nur jene Glimmerart enthalten, hervor. Den Magnesiaglimmer in augitischen Gesteinen und Schlacken findet man sehr häufig in sechsseitigen Tafeln; dagegen tritt der Kaliglimmer im Gneifs bisweilen in ziemlich grofsen Individuen auf, die entweder als einzelne, völlig isolirte Lamellen ausgebildet, oder zu etwas langgestreckten Membranen, Flasern, verwebt, oder zu sehr schmalen Streifen oder Bändern ausgedehnt sind *). Der Magnesiaglimmer scheint daher einer krystallinischen Ausbildung bei weitem mehr fähig zu sein, als der Kaliglimmer. In diesem Falle würde zu begreifen sein, wie da, wo das Material zur Bildung beider Glimmerarten gegeben ist, der Magnesiaglimmer sich in bestimmten, der Kaliglimmer in unbestimmten Formen ausbildet. Die oben erwähnten kleinen, schwarzen, sechsseitigen Glimmertäfelchen im weifsen Glimmer erscheinen daher als krystallinische Ausscheidungen aus einer Masse, welche vorzugsweise Material zur Bildung von Kaliglimmer und nur we-

---

*) Naumann's Geognosie. Bd. 1. S. 564 ff. Der Glimmer dürfte, nach Naumann, meist Kaliglimmer, bisweilen aber Magnesiaglimmer sein, wie sich auch nicht selten zweierlei verschieden gefärbte Glimmer zugleich vorfinden.

nig Material zur Bildung von Magnesiaglimmer enthielt. Daſs indeſs auch dieser in seiner krystallinischen Ausbildung häufig gestört wird, zeigen die erwähnten unregelmäſsigen Parthien.

Solche Bildungen setzen eine lange anhaltende Beweglichkeit der kleinsten Theile sehr verschiedener Bestandtheile voraus. Die Plutonisten können sie nur in einer sehr langsamen Erstarrung geschmolzener Massen finden. Was nicht während derselben gebildet werden kann, ist für alle Zeiten bildungslos auf pyrogenem Wege. Ganz anders verhält es sich aber bei den Bildungen auf nassem Wege. Es ist nicht eine Vermuthung, sondern eine Thatsache, daſs jeder Tropfen Wasser, der in irgend ein Gestein gelangt, davon Minutissima auflöst (Bd. II. S. 977). Die Beweglichkeit der Bestandtheile des Gesteins dauert also so lange fort, als nur noch Wassertropfen in dasselbe dringen. Aus einer längst gebildeten Tafel Kaliglimmers können Magnesia und Eisenoxydul, wovon stets wenigstens Spuren vorhanden sind, durch Wassertropfen ausgezogen und an andern Stellen der Tafel zusammengehäuft wieder abgesetzt werden. Durch diese Aufnahme, vielleicht auch durch Austausch, geht der Kaliglimmer in den leichter krystallisirbaren Magnesiaglimmer über. In der That, als ich weiſse Glimmerblättchen von verschiedenen Fundorten mit heiſser Salzsäure behandelte, zog dieselbe Spuren von Eisenoxydul und Magnesia oder auch bloſs letztere aus, wobei die Blättchen ihren Glanz nicht im mindesten verloren. Wie aber Salzsäure in kurzer Zeit, so wirkt auch das Bischen Kohlensäure in jedem Wassertropfen in langer Zeit.

Das Experiment wird solche Veränderungen in der Mischung der Gesteine nie vollständig verfolgen können; denn wird ein Mineral dem Orte seines Vorkommens entrückt: so hören die durch diesen Ort bedingten metamorphischen Processe auf zu wirken. Dasselbe Mineral kann daher in den verschiedenen Perioden seiner Metamorphose nicht der chemischen Analyse unterworfen werden. In den Pflanzen läſst sich aber die Wandelbarkeit der unorganischen Bestandtheile durch das Experiment verfolgen. Staffel*) fand, daſs die

*) Beantwortung der von der philosophischen Facultät zu *Jena* ge-

Menge derselben in den Organen der Rofskastanie und des Wallnufsbaums in den verschiedenen Vegetationsperioden qualitativ und quantitativ verschieden ist. In beiden Bäumen macht im Frühjahre das Kali den Hauptbestandtheil aus und wird gegen den Herbst hin durch Kalk vertreten. Im Herbste findet sich der Kalk in gröfster Menge im Holze und in der Rinde. Im Frühjahre enthalten die Blätter, im Herbste das Holz und die Rinde die gröfste Menge Phosphorsäure u. s. w.

Die Aehnlichkeit zwischen den Processen im Pflanzen- und im Mineralreiche wurde schon früher (Bd. II. S. 891 ff.) nachgewiesen. Die Resultate der vorstehenden Untersuchungen steigern diese Aehnlichkeit; denn sie zeigen, dafs in beiden Reichen Austausche stattfinden, und, was besonders merkwürdig ist, die Verdrängung der Kalkerde durch Kali, der wir in den metamorphischen Processen des Mineralreichs so häufig begegnen, findet sich auch im Pflanzenreiche. In diesem ist sie sogar gegenseitig; denn in den angeführten Pflanzen wird vom Frühjahre bis zum Herbste das Kali nach und nach durch den Kalk, und vom Herbste bis zum Frühjahre umgekehrt dieser durch jenes verdrängt. Eine solche Umkehrung im Austausche kann nur im Pflanzenreiche stattfinden, weil in diesem nicht blofs die Kohlensäure und die Kieselsäure, wie im Mineralreiche, sondern auch die Pflanzensäuren an dem Spiele der Wahlverwandtschaften Theil nehmen (S. 895).

In welchen Verbindungen die Basen in den Pflanzen existiren, wissen wir nicht; aber das zeigen obige Untersuchungen, dafs in einer so dichten Masse, wie Holz, Kali und Kalkerde sich gegenseitig verdrängen können. Wenn es aber hier entschieden Gewässer, die Pflanzensäfte, sind, wel-

---

stellten Preisfrage: „wechselt die Menge der oxydirten unorganischen Bestandtheile in gleichen Organen einer und derselben Pflanze während der früheren und späteren Vegetationsperiode?" im Archiv der Pharm. R. II. Bd. LXIV. S. 26 ff. und S. 129 ff. — Mit Staffel's Untersuchungen stimmen auch, hinsichtlich der unorganischen Bestandtheile in den verschiedenen Theilen des Rofskastanienbaums E. Wolff's frühere Untersuchungen überein. Journ. f. pract. Chem. Bd. LII. S. 122 ff.

che solche Processe verursachen: so kann man nicht zweifeln, dafs auch die in Gesteinen sich bewegenden Gewässer Analoges bewirken werden. In der Porosität übertreffen viele Gesteine die Hölzer.

Die eingebürgerten Ansichten, dafs die Processe im unorganischen Reiche nicht zu vergleichen seien mit denen im organischen Reiche, werden diesen Vergleichungen entgegen treten. Diese wird auch Niemand auf die Bildung organischer Substanzen, in denen sich die gröfste durch wenige Elemente hervorgebrachte Mannichfaltigkeit zeigt, ausdehnen wollen. Was aber von den unorganischen Bestandtheilen der Pflanzen gilt, hat, mutatis mutandis, auch Bezug auf die Bestandtheile der Gesteine. Das Characteristische der Glimmerbildung in den dünnsten Blättchen findet seine Analogie in den Pflanzen und tritt in der Blattbildung der Blumen eben so vervielfacht, wie im Glimmer hervor. Die baum-, büschel- und moosförmigen Zeichnungen auf den Glimmerblättchen erinnern an die dendritischen Bildungen der Manganoxyde und sprechen für gleiche Entstehungsart auf nassem Wege.

II. Glimmer in Begleitung mit anderen krystallinischen Mineralien. Einige von Dr. Krantz erhaltene Stufen bieten Lehrreiches dar.

1) Tafeln gelblichen Glimmers von mehreren Zollen Gröfse mit eingewachsenen rothen Granatkrystallen bis zu 2 Linien Durchmesser, aus *New-Hampshire* in den *Vereinigten Staaten.* Die Höhlungen, welche die Krystalle nach ihrem Herauslösen zurücklassen, bilden scharfe Abdrücke, in denen man sogar die Streifen ihrer gestreiften Flächen noch deutlich erkennt. Die Priorität ihrer Bildung ist unverkennbar, und die später gebildete Glimmermasse mufs in dem Grade plastisch gewesen sein, dafs sie sich den Krystallen vollständig anschmiegen konnte. Die gelbliche Färbung des Glimmers rührt von Eisenoxydhydrat her, welches dünne Ueberzüge auf den Blättchen bildet, und in den Höhlungen, worin die Granaten sitzen, in dunklerer Farbe hervortritt. Kalte und selbst kochende Salzsäure extrahirt das Färbende nicht vollständig. Graue, wolkige Stellen, in denen sich die feinsten Linien büschelförmig oder wie ein Adergeflechte nach allen Richtun-

gen verzweigen, erkennt man unter der Lupe vor und nach der Behandlung mit Salzsäure. Sollten diese feinen Zeichnungen, gleich den oben (S. 1389) beschriebenen schwarzen Pünctchen und sechsseitigen Täfelchen Magnesiaglimmer sein, welcher hier nicht zur Ausbildung gekommen sind? — Dafs sie von der Substanz des weifsen Glimmers verschieden sind, ist nicht zu bezweifeln; eine weitere Aufklärung durch chemische Untersuchungen ist aber nicht möglich. Die salzsaure Flüssigkeit enthält Eisenoxyd mit Spuren von Magnesia.

Eine Parthie dieser Glimmerblättchen in einen kleinen Platintiegel, einen Granatkrystall in einen andern gebracht, beide neben einander in einen hessischen Tiegel gestellt, wurden einem einstündigen, starken Gebläsefeuer ausgesetzt. Die Glimmerblättchen zeigten auch nicht eine Spur von Schmelzung; sie waren blofs silberglänzend und schwach durchscheinend geworden. Der Granatkrystall war aber zu einer schwarzen, hier und da porösen Masse geschmolzen. Hätten sich Glimmer und Granat aus einer feuerflüssigen Masse gebildet: so hätte der bei weitem strengflüssigere Glimmer früher, als der minder strengflüssige Granat zur Erstarrung kommen müssen. Wäre der Granat vorhanden gewesen und von der feuerflüssigen Glimmermasse umhüllt worden: so hätte er wieder schmelzen müssen, und keinen vollständigen Abdruck hinterlassen können. Die pyrogene Bildung dieses Glimmers ist mithin eine Unmöglichkeit. Durch das Schmelzen des Granat kam ein kleines Glimmerblättchen zum Vorschein, dessen silberweifs gewordene Kante von der schwarzen Granatmasse deutlich abstach. Dieses Blättchen war entweder schon vorhanden, als der Granat krystallisirte, oder beide bildeten sich gleichzeitig, oder jenes ist ein Umwandlungsproduct von diesem. Dafs die Bildung der Krystalle auf nassem Wege nicht an eine bestimmte Folge gebunden sein kann (S. 1005), versteht sich von selbst. Ist daher im vorliegenden Falle die Hauptmasse des Glimmers unstreitig nach den Granatkrystallen gebildet worden: so kann jenes Glimmerblättchen möglicher Weise von früherer Entstehung sein.

2) Eine Tafel gelblichen Glimmers, worin viele säulenartige, schwarze Turmalinkrystalle von 1 Lin. Länge und von der feinsten Drahtdicke bis zu 19 Lin. Länge und 1 Lin. Dicke

in allen Richtungen liegen, von *Haddam* in *Connecticut*. Die Turmalinnadeln kreuzen sich nicht, wo sie in derselben Ebene liegen; sieht man sie sich kreuzen, so liegen sie zwischen verschiedenen Glimmerblättern. Nie stofsen sie aber zusammen oder kreuzen sich unter rechten, sondern stets unter spitzen und stumpfen Winkeln. Eine zweite Tafel von *New-Hampshire*, 7 Zoll lang, 4 Zoll breit und $\frac{1}{4}$ Zoll dick, enthält, aufser einigen kleinen, zwei $3\frac{1}{2}$ Lin. breite, unter einem spitzen Winkel zusammenstofsende, kurze, schwarze Turmalinkrystalle. In beiden Tafeln liegen diese Krystalle in den Ebenen der Glimmerblätter. Diefs zeigt sich ganz deutlich da, wo die Krystalle herausgefallen sind; denn die untere Seite der Höhlung wird stets von einem Glimmerblatte ohne Unterbrechung gebildet. Auf der ersten Tafel erscheinen diese Unterlagen meist gestreift, seltener glatt; ebenso sind die noch vorhandenen Turmalinnadeln auf den mit den Glimmerblättern in einer Ebene liegenden Krystallflächen theils glatt, theils gestreift. Auf der zweiten Tafel erscheinen die Unterlagen ganz glatt; die langen Seitenwände dagegen gestreift, und ebenso sind die in der Ebene der Glimmerblätter liegenden Krystallflächen der Turmaline ganz glatt; dagegen an den, über die Glimmertafel hervorragenden Seitenflächen gestreift. Dort liegen also die Turmalinnadeln mit ihren gestreiften Seitenflächen theils in den Ebenen der Glimmerblätter, theils werden diese Ebenen von jenen Seitenflächen durchschnitten. Hier haben sie nur die letztere Lage.

In Glimmerblättchen, dünner als Postpapier, sind noch die Abdrücke von Turmalinnadeln, zum Theil nur unter der Lupe, zu erkennen. Einige dieser Abdrücke kreuzen sich so, dafs die scharfen Linien je zweier solcher Abdrücke an den Durchschnittpuncten durchsetzen. Diefs zeigt, dafs diese Abdrücke zwischen verschiedenen Glimmerblättchen sich befinden; die Dicke dieser Höhlungen ist also kleiner, als die Papierdicke der dünnen Blättchen, in denen sie vorkommen. Die darin eingeschlossen gewesenen Turmalinkrystalle mögen daher keine gröfsere Dicke, als die dünnsten Glimmerblättchen gehabt haben. Die Höhlungen mögen jedoch auch mehrere Glimmerblättchen durchsetzen; aber auch dann sind es immer noch beispiellos dünne Turmalinnadeln.

Wie im Glimmer mit Granaten, zeigen sich auch im Glimmer mit Turmalinen graue wolkige und büschelartige Zeichnungen mit den feinsten Linien, welche nicht von Salzsäure angegriffen werden; nur die Ueberzüge von Eisenoxydhydrat werden aufgelöst. Sollten diese Zeichnungen aus Turmalinsubstanz bestehen, welche nach der Bildung des Glimmers von Gewässern abgesetzt worden ist? — Die Priorität der Bildung der Turmalinnadeln ist ebenso unzweifelhaft, als die der Granaten; denn Niemand wird behaupten wollen, dafs der Glimmer bei seiner Bildung Höhlungen genau in der Krystallform der Turmaline zurückgelassen habe, welche später durch Turmalinsubstanz ausgefüllt worden seien.

Auf dieselbe Weise, wie oben, suchte ich die relative Schmelzbarkeit des Glimmers und der Turmaline zu ermitteln; allein die Resultate entscheiden nicht bestimmt hierüber. Die Turmaline veränderten sich zwar sehr durch ein anhaltendes starkes Gebläsefeuer; allein kaum rundeten sich die Kanten und Ecken etwas ab; jedoch lötheten einige der dünnen Nadeln zusammen. Aber auch die Glimmerblättchen waren nicht blofs matt silberglänzend geworden; sondern sie hatten auch ihre Elasticität verloren und eine wellenförmige und runzliche Oberfläche angenommen. Dieser Glimmer und dieser Turmalin scheinen daher ziemlich gleich strengflüssig zu sein. Der Beweis, dafs sich beide nicht auf pyrogenem Wege gebildet haben können, liegt mithin nicht so klar, wie beim Glimmer und Granat vor.

Eine grofse kupferröthliche Glimmertafel von *Haddam* enthält viele kleine dunkelgraue, fast schwarze glanzlose Parthien eingesprengt, welche von einer milchweifsen, spröden Masse theils umgeben, theils bedeckt ist. Mit der Messerspitze abgenommen, zerbricht diese in dünne Blättchen. Einige dieser Blättchen enthalten kleine, leicht theilbare, gelblichgrüne Körnchen mit schwarzen Pünctchen oder Blättchen. Einige Körnchen waren schwach magnetisch. Die Blättchen lösten sich in Salzsäure unter Aufbrausen und viel schneller beim Erhitzen auf, wobei sich einige Flöckchen Kieselsäure ausschieden, und die Körnchen so wie einige sehr kleine, theils durchsichtige, theils milchweifse Blättchen zurückblieben. In einigen derselben waren jene schwarze Pünctchen

eingesprengt. Ein solches Blättchen stellt ein unregelmäfsiges Sechseck dar; in zwei anderen ist es nicht ganz ausgebildet. Die salzsaure Auflösung enthielt Kalkerde und Magnesia in nahe gleichen Verhältnissen und eine Spur Eisenoxyd, aber keine Alkalien. Hier und da findet sich zwischen den Blätterlagen eine lichtochergelbe Masse in nicht unbedeutender Menge, welche von Salzsäure aufgelöst wird und aus Eisenoxyd, Thonerde, kohlensaurer Kalkerde und Magnesia besteht *).

Mit der Bildung von Glimmer haben hier unverkennbar Ausscheidungen von Stoffen stattgefunden, die in denselben nicht eingehen konnten. Jenes Kalkmagnesiacarbonat ist unzweifelhaft ein Zersetzungsproduct der dunkelgrauen Parthien und es ist wahrscheinlich, dafs auch jene sechsseitigen Glimmerblättchen ein solches sind. Dafür spricht noch, dafs der kupferröthliche Glimmer überall weifs ist, wo sich die dunkelgrauen Parthien (vielleicht Augit oder Hornblende) befinden. Beim Abschaben der weifsen Stellen mit einem Messer sieht man, dafs dieselben nicht abgesonderte Bildungen sind, sondern ebenso in die Substanz des röthlichen Glimmers übergehen, wie der oben erwähnte Magnesiaglimmer in den Kaliglimmer.

Bemerkenswerth ist das Vorkommen von Eisenoxydhydrat als dünner Ueberzug auf Glimmerblättchen. Diese Ueberzüge auf weifsem oder hellfarbigem Glimmer sind gar nicht selten. Freiesleben **) führt Eisenocher an, der sich in den Zwischenräumen der Blättchen eines lagerförmigen Glimmers bei *Schwarzenberg* in *Sachsen* findet. Zwischen den zartesten Blättchen des weifsen Glimmers von *Aschaffen-*

---

*) Kjirulf aus *Norwegen*, der in meinem Laboratorium arbeitet, fand auf dieser Glimmertafel noch andere weifse Stellen, die durch mehrere Glimmerlamellen hindurch gehen, mit Salzsäure nicht brausen und davon nicht angegriffen werden. Die Glimmermasse hat an diesen Stellen weniger Consistenz. Endlich zeigen sich auch auf einzelnen Glimmerlamellen ganz kleine schwarze Glimmerblättchen.

**) Geognost. Arb. Bd. V. S. 24.

*burg* und von anderen Orten fand ich ihn gleichfalls. Wenn man geneigt sein möchte, ihn für einen Absatz aus später eingedrungenen Gewässern zu halten: so spricht doch sein häufiges Vorkommen gerade im weifsen, eisenarmen Glimmer mehr dafür, dafs er eine Ausscheidung aus dem Materiale sei, aus welchem der Glimmer entstanden ist. Die Bildung der so sehr eisenhaltigen rothen Granaten und der schwarzen Turmaline setzt in dem ursprünglichen Materiale viel Eisenoxyduloxyd voraus. Blieb noch mehr davon übrig, als in die Mischung des weifsen Glimmers eingehen konnte: so mufste sich während der Bildung desselben der Ueberschufs abscheiden. Zwischen den Blättchen des Glimmers auf den Rapillis und Schlacken in den Umgebungen des *Laacher-See's* *) und aus den Auswürflingen im Tuffe am Fufse der *Vesuv* fand ich nie Eisenoxydhydrat. Diese Glimmer, welche 8,3 bis 13 Proc. Eisenoxydul enthalten, während der weifse Glimmer nur 4,5 enthält, haben daher bei ihrer Bildung alles vorhanden gewesene Eisen aufgenommen und es kam nichts zur Ausscheidung.

III. Glimmerblättchen auf veränderten, zersetzten oder zerfressenen Krystallflächen der verschiedenartigsten Mineralien. Von den Glimmerblättchen auf solchen Krystallflächen der Hornblende und des Augit und von den sich hieraus ergebenden Folgerungen war schon oben (Bd. II. S. 871 u. 872) die Rede. Im Mineralien-Cabinet zu *Berlin* fand ich mehrere, zum Theil sehr grofse Augitkrystalle mit Glimmerblättchen auf ihren veränderten Krystallflächen. So zeigten sich grofse Augitkrystalle von *Pachkopole* im *böhmischen Mittelgebirge* an ihren Kanten und Ecken zerfressen und in eine rothe Masse umgewandelt, welche an einer Stelle ein Glimmerblättchen enthielt. Eine Kante eines ungewöhnlich grofsen Augit von *Radiz* bei *Bilin* war sehr zerfressen und darauf fand sich Glim-

---

*) Salzsäure zog in 24 Stunden aus dem tombakbraunen Glimmer auf jenen Schlacken eine nur durch Kaliumeisencyanür erkennbare Spur von Eisenoxyd aus, während sie sich, ebenso lange auf weifsem Glimmer stehend, merklich gelb färbte und Ammoniak daraus eine nicht unbedeutende Menge Eisenoxydhydrat fällte.

mer, meist in mikroskopisch kleinen Pünctchen. In einer weichen Masse, welche die Saalbänder vom Basalt bei *Bilin* ausmacht, befanden sich Augite, wovon je eine Seitenfläche mit Glimmerblättchen überzogen war. Eine Wacke von der *Galiläischen Wirthschaft* zu *Annaberg* enthielt wohl ausgebildete Augite, von denen man lauter sechsseitige Glimmerblättchen ablösen konnte. Ebenso fand Rammelsberg *), dafs man da, wo die Turmaline mürbe und weich werden, wo die Flächen rauh, drusig und zerfressen erscheinen, Glanz und Durchsichtigkeit sich verlieren, das Auftreten von Glimmerblättchen bemerkt (Bd. II. S. 411). Da er, für den Zweck seiner mit grofser Sorgfalt unternommenen Analysen von 30 Turmalinen, mehr als irgend Jemand Gelegenheit hatte, mit allen Verhältnissen derselben vertraut zu werden: so hat das Vorstehende ein besonderes Gewicht.

Mehrere Flächen der Drillingskrystalle des Chrysoberyll aus dem Glimmerschiefer an der *Takowaja* **) im Mineralien-Cabinet zu *Berlin* zeigten sich theilweise alterirt und an diesen Stellen lagen silberweifse Glimmerblättchen theils in gröfseren Parthien, theils in Pünctchen, theils in zarten Streifen, welche Risse ausfüllten. Die Veränderung des Chrysoberyll scheint darin zu bestehen, dafs er zuerst rissig wird und eine braune Farbe annimmt; hierauf stellt sich der Glimmer ein. Mitten in den Glimmerparthien finden sich noch unveränderte Chrysoberyllmassen und an manchen Stellen wahre Gemenge aus beiden. Ein Krystall ist auf der einen Hälfte rings umher alterirt und mit Glimmer bedeckt. Dieser Glimmer kann nicht von dem des Glimmerschiefers herrühren; denn hätte er diesen Ursprung, so wäre nicht zu begreifen, warum er sich nicht auch auf den wohl erhaltenen glänzenden Krystallflächen findet. Ueberdiefs ist dieser Glimmerschiefer braun ***); mithin dessen Glimmer verschieden von dem silberweifsen auf den alterirten Flächen des Chrysoberyll. Auch auf dem Chrysoberyll von *Haddam* in *Connecticut* fand ich weifsen

*) Poggend. Annal. Bd. LXXXI. S. 38.

**) G. Rose in Poggend. Annal. Bd. XLVIII. S. 570 und Reise nach dem Ural. Bd. II. S. 379.

***) Reise u. s. w. Bd. I. S. 484.

Glimmer nur auf alterirten Krystallflächen oder auf einzelnen alterirten Stellen derselben. Im Chrysoberyll von *Wiesenberg* in *Mähren* waren Blätter silberweifsen Glimmers zwischen demselben eingeschoben.

Dieses Vorkommen silberweifsen Glimmers auf alterirten Krystallflächen des Chrysoberyll in seinen verschiedenen Fundorten deutet auf gleiche Umwandlungsprocesse, von denen schwer zu sagen ist, in wiefern der, in seiner Mischung vom Glimmer so sehr verschiedene Chrysoberyll Antheil daran genommen hat. Eine Analyse dieses Glimmers ist sehr wünschenswerth. Sollte sich vielleicht Beryllerde als theilweiser Vertreter der Thonerde darin finden? — Dafs Beryllerde-haltige Mineralien einer Umwandlung in Glimmer wirklich fähig sind, werden wir weiter unten sehen.

Im *Berliner* Mineralien-Cabinet finden sich auch auf verwitterten Krystallflächen von Korund unregelmäfsig gelagerte Glimmerblättchen, die auch in die Masse eingreifen.

IV. Glimmer mit wasserhaltigen Mineralien. So finden sich zuweilen im Diaspor sechsseitige Glimmertafeln, meist gelb von dem, alle Flächen durchziehenden Eisenoxydhydrat, aber farblos und durchsichtig, wenn sie davon gereinigt werden, eingewachsen *). Brauneisenstein kommt am *Ural* sehr mit Glimmerblättchen gemengt in einer Eisengrube **) und in grofsen Nestern an der Grenze des Glimmerschiefers ***) vor. Jenes Vorkommen fand ich auch unterhalb *Erdbach* auf dem *Westerwald.* In der Porcellanerde im Gneifse, der von einem, Bd. I. S. 797 beschriebenen Basaltgange durchsetzt wird, wechseln Lagen von silberweifsem Glimmer und farblosem Quarz. Meist mikroskopisch kleine, silberweifse Glimmerblättchen fand ich in der Porzellanerde von *Aue* und zwar so im Innern der Masse, dafs man sie nicht für den Glimmer des Granit halten kann. Wo sich die Porcellanerde mit dem Messer abschaben läfst, ohne dafs man auf Quarzkörn-

---

*) Fiedler in Poggend. Annal. Bd. XXV. S. 325. Vergl. auch G. Rose in dessen Reise nach dem Ural. Bd. I. S. 254.

**) G. Rose ebend. Bd. I. S. 162.

***) Ebend. Bd. II. S. 105.

chen stöfst, kann sie nur von gröfseren Feldspathkrystallen herrühren. Da man auch darin Glimmerblättchen antrifft, so müfsten diese ursprünglich im Feldspath selbst eingewachsen gewesen sein. Diesem widerspricht aber, dafs sie um so häufiger erscheinen, je mehr der Feldspath zersetzt ist. Wo der Porcellanerde noch Granit anhängt, findet sich darin nur brauner Glimmer; ob nur dieser vorhanden ist, kann ich nicht entscheiden, da diese granitischen Fragmente blofs Ueberzüge bilden, und gröfsere Granitstufen so zersetzt sind, dafs auch die darin vorkommenden Blättchen spätere Bildungen sein können. Auch auf den Flächen eines gröfseren Quarzkrystalls findet sich ein dünner Ueberzug von Kaolin mit vielen weifsen Glimmerblättchen, und auf der Kluftfläche eines anderen erscheinen sie im Gemenge mit Eisenocher. Rauhe, wie zernagte Flächen eines Feldspath von *Buchwald* in *Schlesien* sah ich mit unzähligen Glimmerblättchen bedeckt.

Feldspath kann sich in Glimmer umwandeln (Bd. II. S. 303). In den neulich von G. Rose (Bd. II. S. 1296) beschriebenen Umwandlungsmetamorphosen aus Drusenräumen des Granit von *Hirschberg* in *Schlesien* ist die Oberfläche des Feldspath rauh und zerfressen und mit Glimmerblättchen mehr oder weniger dick besetzt. Von diesen zieht sich die Glimmermasse in das Innere, gewöhnlich kleinen Rissen folgend, und manchmal ist der Feldspath so mit Glimmer erfüllt, dafs auch mit der Lupe keine Spur von jenem mehr wahrzunehmen ist. Mit gutem Grunde ist also anzunehmen, dafs alle Glimmerblättchen in der Masse jener Porcellanerde Umwandlungsproducte von Feldspath sind. Wären sie gleicher Entstehung mit dem Feldspath: so würde sich die auffallende Erscheinung zeigen, dafs ein Zersetzungsprocefs, der pfundschwere Feldspathe zerstört, nicht einmal ein mikroskopisches Glimmerblättchen bezwingen kann.

V. Glimmer in eigenthümlichen Gebilden. Breithaupt *) beschreibt einen braunen Glimmer in Knollen und Kugeln, der von blafsgrünem zartem Asbest, dessen Fasern nach dem Mittelpuncte laufen, völlig umhüllt ist. Aufserhalb

*) Paragenesis. S. 42

dieses Asbestes und als Fortsetzung seiner Fasern erscheint zum Theil ein stänglich zusammengesetzter, weifser Glimmer und das Ganze ist wieder von gröfseren Schuppen desselben braunen Glimmers, der den Kern bildet, umgeben. Dieses Knollengebilde findet sich ziemlich häufig in *Mähren* auf einem sumpfigen Wiesengrunde, gleich unter der Dammerde. Im Mineralien-Cabinet zu *Berlin* fand ich 3—4 Zoll lange Glimmersäulen, die sehr unregelmäfsig, dem Achmit ähnlich geformt sind. F. Alger zu *Boston* *) beschreibt Quarzkrystalle mit goldfarbigem Glimmer bedeckt, der in die Masse der Krystalle eindringt und darin die Formen von Würmern oder kleinen Blutegeln täuschend nachahmt. Diese Formen sind dichte sechsseitige Glimmerprismen, die auf diese eigenthümliche Weise gedreht und verschoben, und oft von geraden Rutilnadeln durchschossen sind.

Wenn man, wie doch gewifs auch die Plutonisten vom reinsten Feuer, den Asbest, der vorzugsweise auf schmalen Gängen in Serpentin, in einem entschieden durch eine Metamorphose auf nassem Wege entstandenen Gesteine, vorkommt, für ein gleiches Umwandlungsproduct halten mufs: so kann doch von dem aufserhalb und innerhalb jenes Asbestes befindlichen Glimmer keine andere Entstehungsart angenommen werden? — Was auf plutonischem Wege unmöglich zu begreifen ist, erklärt sich auf neptunischem ganz einfach. Augit und Hornblende können sich in Glimmer wie in Asbest umwandeln (Bd. II. S. 546, 561, 869 und 870); wenn daher dasselbe Mineral an verschiedenen Orten ungleichen Umwandlungsprocessen unterliegt: so kann es auch an demselben Orte ungleichen Umwandlungsprocessen in verschiedenen Zeiten unterliegen. Die wurmförmigen Glimmer-Gestalten in Quarzkrystallen wird man wohl nicht für plutonische Injectionen halten wollen. —

Zippe **) führt an, dafs der Granit des *mittleren Böhmens*, welcher Schiefermassen einschliefst, fast durchgängig von blockförmiger Zusammensetzung ist, und dafs die ge-

---

*) Silliman's americ. Journ. V. X. p. 77.

**) Ueber einige geognost. Verhältnisse in den Gebirgszügen der Mitte Böhmens. S. 12 ff.

wöhnlich in Gruppen verbreiteten losen Blöcke — die Ueberreste der durch den Verwitterungsprocefs zerstörten und aus ihrem Zusammenhange gelösten Felsmassen — manchmal von sehr ansehnlicher Gröfse sind. In diesen Blöcken kommen häufig Ausscheidungen von feinkörnigen, oft schiefrigen, glimmerreichen Massen vor, welche mit der Granitmasse fest verwachsen, theils scharf begrenzt, theils unmerklich in die Granitmasse übergehend sind. Sie sind keine fremden Einschlüsse eines glimmerreichen Schiefergesteins, sondern sollen mit dem sie einschliefsenden Gesteine vollkommen gleichzeitige Bildungen sein. Bemerkenswerth ist es gewifs, dafs gerade in den Ueberresten der zerstörten Felsmassen diese glimmerreichen Parthien vorkommen, und man hat Grund zu vermuthen, dafs hier Processe, wie sie Bd. I. S. 847 ff. beschrieben sind, stattgefunden haben.

VI. Glimmer in Drusenräumen und Erzgängen. In den Drusenräumen des Granit von *Alabaschka* finden sich Glimmer, Lithionglimmer u. s. w. *), in denen eines Grünsteinschiefers zu *Harthau* im *Erzgebirge* erscheint Glimmer als dünner Ueberzug auf Krystallen von Kalkspath, Prehnit und Magneteisen**) und in Drusenräumen eines Granit in der *Freiberger* Sammlung sah ich Glimmer auf Turmalin. In Höhlungen in derbem Feldspath des Glimmergneifses bei *Arendal* trifft man Glimmerkrystalle aufgewachsen an, und im *Barbo-Thale* sieht man sie, dicht an einander gehäuft, eine dichte Feldspathmasse gangförmig durchsetzen ***). In der Nähe des Schlosses *Augustusburg* im *Erzgebirge* in einem Gange, dessen Ausfüllungsmasse Hornstein, Amethyst, Flufsspath und Quarz ist, bildet letzterer kleine Drusenräume, in welchen sich, aufser sehr kleinen Quarzkrystallen, kleine silberweifse Glimmerkrystalle finden †). In Lagerstätten von Magneteisen und Eisenglanz, von Kupferkies, Eisenkies und an-

---

*) G. Rose Reise u. s. w. Bd. II. S. 554.

**) Naumann's Erläuterungen u. s. w. H. II. S. 274.

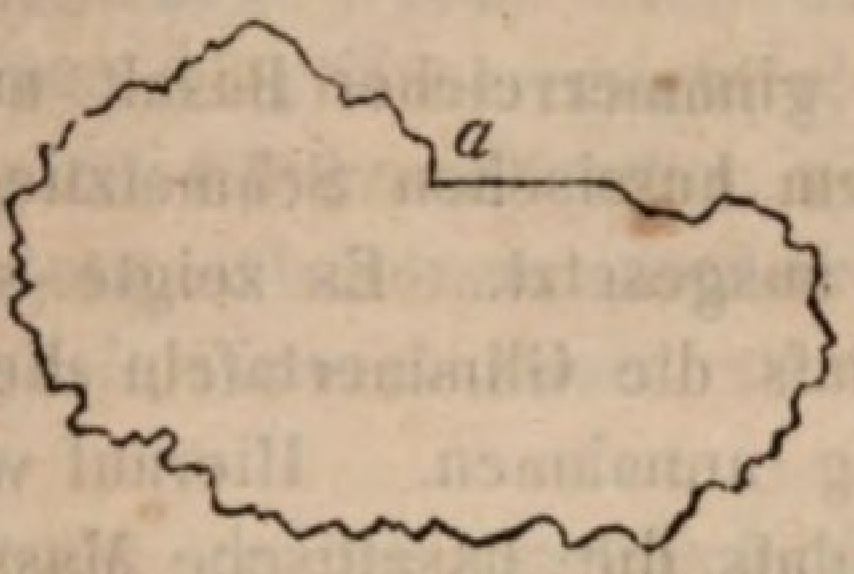
***) Weibye in Karsten's und v. Dechen's Archiv u. s. w. Bd. XXII. S. 479.

†) Kaden in Naumann's Erläuterungen u. s. w. H. II. S. 85.

deren Erzen *), so wie von Glanzkobalt **), trifft man Glimmer an. Diese Beispiele, welche jeden Gedanken an eine pyrogene Bildung solchen Glimmers ausschliefsen, würden sich leicht noch mehren lassen.

VII. Glimmer auf vulkanischen Gesteinen. Auf Schlakken oder vulkanischen Bomben, so grofs wie Fig. 1, und noch gröfser, vom *Leilekopf*, *Herchenberg* und von anderen Orten in den Umgebungen des *Laacher-See's*, so wie in der *Eifel*, findet man Glimmertafeln *a*, welche als Eindrücke in die noch weiche Schlackenmasse, wie die eines Siegels in geschmolzenen Lack erscheinen.

Fig. 1.



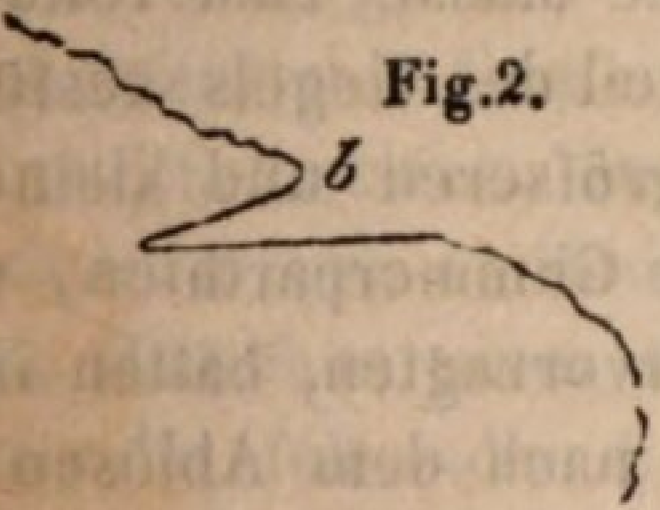




Fig.2.

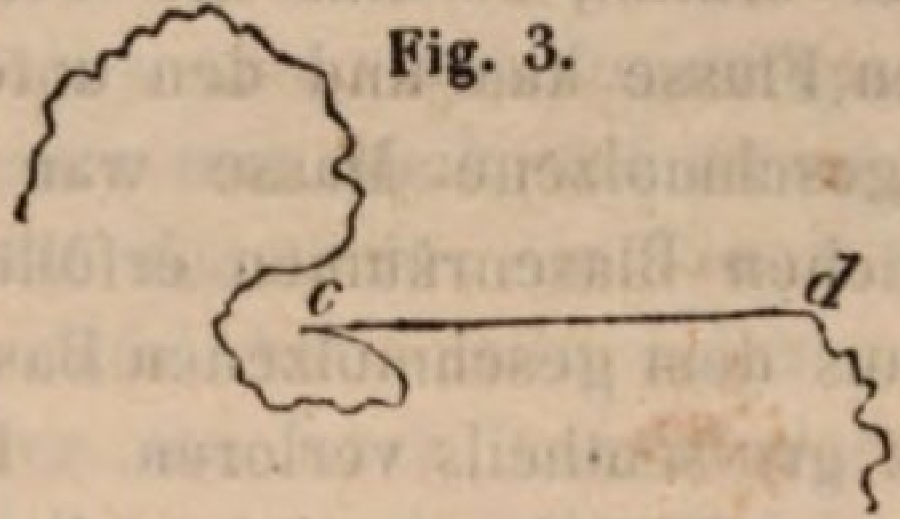



Fig. 3.

In einer andern Schlacke Fig. 2. zeigt sich bei *b*. die rauhe und poröse Masse überhängend, und in dem dadurch gebildeten Eck ist die Glimmertafel eingeklemmt, deren Blättchen an den entgegengesetzten Enden fächerförmig aufklaffen und federn. Hier scheint sich die Glimmertafel seitwärts eingeschoben zu haben. In einer dritten Schlacke Fig. 3. befindet sich bei *c*. ein kleiner Drusenraum, in welchen die Schlakkenmasse so dünn wie ein Papierblatt überstehend hineinragt, und von einer Glimmertafel von der Länge *c d* bedeckt wird.

---

*) Hausmann Handb. d. Min. 2te Ausg. 1847. Bd. I. S. 680. Auf einigen *Schneeberger* Erzgängen kommt Glimmer vor. Naumann's Geognosie. Bd. I. S. 743.

**) Scheerer in Breithaupt's Paragenesis. S. 210.

Löset man von solchen Scklacken die Glimmertafeln ab: so erscheint die theils ebene, theils etwas convexe Unterlage als ein glatter Abdruck derselben. Ist die Schlacke sehr porös, so sieht man die Poren auf dieser Unterlage hier und da mehr oder weniger geöffnet. Die letzten Glimmerblättchen, welche man von manchen sehr porösen Schlacken ablöset, sind bisweilen hier und da durchlöchert und in diesen Löchern ragt die Schlackenmasse etwas hervor. Aufser den gröfseren Glimmertafeln erkennt man auch mikroskopisch kleine Glimmerpünctchen oder Blättchen auf den Schlacken.

Um der Bildung dieses Glimmers auf Schlacken, wo möglich, auf die Spur zu kommen, wurden folgende Versuche angestellt.

1) Ein Stück glimmerreicher Basalt aus dem *Laacher-See* wurde in einem hessischen Schmelztiegel einer mäfsig starken Glühhitze ausgesetzt. Es zeigte sich keine andere Veränderung, als dafs die Glimmertafeln die schon erwähnte kupferrothe Färbung annahmen. Hierauf wurde der Tiegel stärker erhitzt, so dafs die basaltische Masse zum vollkommenen Flusse kam und den untern Theil des Tiegels ausfüllte. Die geschmolzene Masse war mit gröfseren und kleineren rundlichen Blasenräumen erfüllt. Die Glimmerparthien, welche aus dem geschmolzencn Basalt hervorragten, hatten ihren Glanz grofsentheils verloren. Indefs nach dem Ablösen der obersten Blättchen zeigten die nächstfolgenden bei weitem mehr Glanz. An einigen Stellen konnte man diese Ablösung mit dem Messer fast eben so leicht, wie in den nicht geglühten Glimmerparthien bewirken; an anderen schienen die Blättchen etwas zusammengesintert. Nach dem Durchschlagen der geschmolzenen Masse fand man die Glimmerparthien im Innern in ihrem vollen Glanze. Sie waren goldgelb und stellenweise bräunlich gefleckt. Durch dieses zweite Glühen war daher die kupferrothe Farbe, welche der Glimmer beim ersten Glühen angenommen hatte, in die gelbe übergegangen. Von den im Innern der geschmolzenen Masse befindlichen Glimmertafeln konnte man fast eben so leicht die dünnsten Blättchen ablösen, wie vom nicht geglühten Glimmer. Die Glimmertafeln waren weder gebogen noch geknickt, sondern zeigten ganz dieselbe Lage und dasselbe Vorkommen, wie im

ungeschmolzenen Basalt. In zwei Blasenräumen lagen Glimmertäfelchen gerade so, wie in den Blasenräumen der vulkanischen Schlacken.

Dieser Versuch zeigt, dafs jener Basalt, worin sich Glimmer in so bedeutenden Massen findet, viel leichtflüssiger als letzterer ist. Diesem gemäfs könnte der Glimmer in der ursprünglich geschmolzen gewesenen Basaltmasse präexistirt haben, ohne geschmolzen worden zu sein. Die Farbenveränderung, welche er beim künstlichen Schmelzen des Basalt erlitt, läfst sich aber nicht damit einigen, dafs er jemals einer hohen Temperatur ausgesetzt gewesen war.

2) Eine braune, erdige, schwammige Schlacke mit goldgelben Glimmerblättchen wurde nach dem Schmelzen sehr dicht; nur an der Oberfläche zeigte sie sich etwas porös. Gleichwohl waren die Glimmerblättchen nicht mit der Schlakkenmasse zusammengeschmolzen, sondern nur etwas zusammengesintert, so dafs sie sich kaum mit dem Messer trennen liefsen.

3) Eine graue, erdige, ziemlich dichte Schlacke mit tombackfarbenen Glimmerblättchen kam, wie die vorige, zum völligen Schmelzen. Der Glimmer war noch viel weniger als bei der vorigen verändert; nur das erste, am Tiegel anliegende Blättchen einer Glimmertafel hatte seinen Glanz verloren; die folgenden bewahrten ihn noch unverändert und liefsen sich leicht mit dem Messer von einander sondern.

Die Aehnlichkeit dieser beiden Schlacken mit denjenigen, welche sich im Schmiedefeuer bilden, ihr schwammiger, gänzlich unkrystallinischer Zustand lassen auf eine sehr schnelle Erstarrung schliefsen. Da nicht anzunehmen ist, dafs die Hitze, welche sie einst zum Schmelzen gebracht hatte, höher als die künstliche war: so könnte der eingeschlossene Glimmer auch damals nicht geschmolzen gewesen sein und sich nicht erst beim Erstarren in seinen Formen ausgeschieden haben. Wollte man auch voraussetzen, aus einer leichtflüssigen Masse könnten während ihres weichen Zustandes Bestandtheile heraustreten und einen Körper bilden, der viel strengflüssiger als die Grundmasse wäre: so steht diesem im vorliegenden Falle der Umstand entgegen, dafs dieser Körper, weil er viel strengflüssiger, als die Grundmasse ist, im Mo-

mente seiner Bildung hätte erstarren müssen. Ein Körper in so bestimmten Formen, wie der Glimmer, in Blättchen, dünner als das feinste Papier, vielfach auf einander liegend, kann aber während einer momentanen Erstarrung nicht entstehen. Der Glimmer in den vulkanischen Schlacken und Rapilli ist demnach entweder nach ihrer Erstarrung durch einen Umwandlungsprocefs auf nassem Wege entstanden, oder er war als solcher im Innern des Vulkans schon vorhanden und wurde von den zähflüssigen Massen im festen Zustande zu Tage gebracht.

4) In einem Schmelztiegel wurde auf gepülverten Basalt aus dem *Laacher-See* eine zollgrofse Tafel weifsen Glimmers horizontal gelegt und mit einer Lage gepülverten Basalt bedeckt; darauf kam eine zweite, mit gepülvertem Basalt bedeckte Glimmertafel zu liegen. Nach starkem Erhitzen zeigte sich der Basalt auf dem Boden des Tiegels zu einer dichten, sehr wenig porösen Masse geschmolzen. Nach oben nahmen aber die Blasenräume an Zahl und Gröfse zu. Die beiden Glimmertafeln lagen noch an derselben Stelle. Die untere hatte an einem Ende eine ebene Unterlage im Basalt gebildet; am anderen war aber ein Höhlenraum von mehr als ½ Zoll Durchmesser entstanden, über welchem sich die Tafel hinwegzog. Kleine Glimmerblättchen hatten sich von der Tafel losgerissen und waren im Basalt eingeknetet. Einige fanden sich in kleinen Blasenräumen, welche theils an den Wänden lagen, theils die Räume durchschnitten. Die silberweifse Farbe war in die goldgelbe übergegangen, und der Glanz war grofsentheils verschwunden. Sie zeigten nicht eine Spur von Schmelzung; nur da, wo sie auf dem Basalt auflagen, waren sie angeklebt. Die einzelnen Blättchen liefsen sich eben so von einander ablösen, wie von einer frischen Glimmertafel; doch waren sie etwas spröder geworden, indem sie beim Ablösen leicht zerbrachen.

5) Dieser Versuch wurde mit einem andern frischen Basaltpulver, in dessen Mitte eine Glimmertafel zu liegen kam, wiederholt. Es zeigten sich ziemlich dieselben Erscheinungen; die Glimmertafel fand sich aber auf dem vollkommen geschmolzenen Basalt und war nur mit einer ganz dünnen Lage desselben bedeckt. Das auf dieser Tafel befindlich gewesene Ba-

saltpulver war daher so dünnflüssig geworden, dafs es sich senkte und dadurch der Glimmer nahe auf die Oberfläche kam.

Die Ansicht, dafs der Glimmer auf Schlacken erst nach ihrem Auswurfe aus einem Krater auf pyrogenem Wege gebildet worden sei, mufs, der angeführten Gründe wegen, als gänzlich unhaltbar zurückgewiesen werden. Es bleiben daher nur die Annahmen übrig, dafs er entweder präexistirt habe, oder dafs er im Krater auf feuerflüssigem, oder, nach dem Auswurfe der Schlacken, aufserhalb desselben auf nassem Wege entstanden sei.

Die Versuche 4 und 5 zeigen die Möglichkeit, wie präexistirender Glimmer im Krater eines Vulkans von flüssiger Lava eingehüllt werden kann, wenn die Lava glimmerhaltige Gesteine durchbricht. Die Eindrücke selbst dünner Glimmertafeln auf und in den Schlacken, die glatten Flächen auf den Unterlagen würden einen sehr dünnflüssigen Zustand voraussetzen. Wurden von solcher Lava losgerissene Massen ausgeschleudert: so konnten sich während schnellen Erstarrens beim schnellen Wurfe durch die Luft nur schlackige und völlig unkrystallinische Körper bilden. Bei so schneller Abkühlung konnten aus der erstarrenden Masse kleine Hörner oder Höcker hervorbrechen, die darauf sitzenden Glimmerblätter durchbohren, und die oben bemerkten Erscheinungen hervorbringen.

Hätte sich der Glimmer aus der im Krater des Vulkans langsam erstarrenden Lava gebildet: so hätten davon Massen losgerissen und fortgeschleudert werden müssen, als er, aber noch nicht die umgebende Masse erstarrt gewesen wäre. Der Glimmer hätte sich daher innerhalb des Kraters durch langsame Erstarrung, die umgebende schlackige Masse aufserhalb desselben durch schnelle Erstarrung gebildet. Nur ein seltsames Zusammentreffen, dafs gerade in der Zeit zwischen der vollendeten Erstarrung des Glimmers und der noch nicht begonnenen der Schlackenmasse der Auswurf erfolgt wäre, hätte ein Gemeng aus einer vollendeten krystallinischen Ausbildung und einer völlig amorphen Masse liefern können; denn ein späterer Auswurf würde, nach plutonischen Ansichten, lauter krystallinische Bildungen geliefert haben. Eine solche Harmonia praestabilita anzunehmen, wollen wir denjenigen Geo-

logen überlassen, welche die Bildung des Glimmers nur auf pyrogenem Wege für möglich halten.

Wenn man das beschriebene Vorkommen der Glimmertafeln auf Schlacken einer Bildung derselben auf nassem Wege entgegensetzen wird: so ist auf der andern Seite nicht zu übersehen, daſs jedes Mineral, welches sich in einem Gesteine durch einen Umwandlungsproceſs ausbildet, seine ihm eigenthümliche Form, mithin der Glimmer seine Tafelform annimmt, wodurch das Gestein selbst eine andere Form erlangt. An einer Stelle einer rundlichen Schlacke, wo sich eine Glimmertafel bildet, wird also eine Abplattung oder ein Eindruck entstehen, indem hier Theile des Gesteins durch die Gewässer fortgeführt werden. Zieht man zwischen den Puncten der Schlacke, wo die Glimmertafel eingedrückt oder eingeschoben erscheint, in Gedanken gekrümmte Linien: so stellen sich Formen dar, die denen sehr gut entsprechen, welche die Schlacke vor der Glimmerbildung gehabt haben könnte.

Auf meine Bitte analysirte B r o m e i s einen licht tombackbraunen Glimmer aus bräunlichgrauen Schlacken vom *Herchenberg* und erhielt folgende Resultate.

| | | |
|---|---|---|
| Kieselsäure . . . . | 42,89 | |
| Thonerde . . . . . . | 6,09 | 71,41 |
| Magnesia . . . . . | 24,33 | |
| Eisenoxyd . . . . . . | 10,59 | 13,34 |
| Kalkerde . . . . . | 0,76 | 0,64 |
| Kali . . . . . . . . | 13,15 | 9,86 |
| Natron . . . . . . | 0,36 | 1,35 |
| Wasser ammoniakalisch | 2,30 | 3,40 |
| | 100,47 | 100,00 |

Dieser Glimmer verändert in der Hitze seine Farbe nicht wesentlich; er könnte daher vulkanische Hitze ausgehalten haben. Die Gegenwart von Wasser und organischen Ueberresten steht aber damit im Widerspruch. Man müſste also annehmen, diese seien erst später hinzugetreten. Man sieht, Widersprüche bleiben noch immer zu lösen übrig, ehe man mit der Bildungsart des Glimmers auf Schlacken ins Reine

kommt. Gewifs bleibt aber nur die Wahl zwischen seiner Präexistenz oder seiner Entstehung auf nassem Wege. Uebrigens ist bemerkenswerth, hier einen Glimmer zu finden, der eine geringere Menge Thonerde enthält, als man bisher in irgend einem angetroffen hat. Seine Mischung ist von der Art, dafs man ihn für ein Umwandlungsproduct eines Augit, wie der aus der *Rhön* (Bd. II. S. 604) zusammengesetzt ist, halten könnte, wenn dessen Kalkerde gegen Magnesia und Kali ausgetauscht worden wäre.

Vergleichen wir damit die von Monticelli und Covelli *) über das Vorkommen des Glimmers in vulkanischen Auswürflingen des *Vesuv* von den Jahren 1821, 1822 und 1823 angestellten Beobachtungen.

Die Laven von 1821 bestanden aus Leuzit, Augit und Glimmer. In denen vom 26. Februar 1822 fanden sich, aufser Augit, Leuzit, Olivin (?) und Parthien von schwärzlichem Bimsstein, welche mit der Lava zusammengewachsen waren, Glimmer in schwarzen, stark glänzenden Blättchen. In den Laven vom Oktober 1822 fanden sie neben Leuzit, conglomeratartigen Zusammenhäufungen von Leuzit und Brocken von Augitkrystallen, Bruchstücke von bräunlichem, glänzendem Glimmer. In dem Sande, welcher am 26 und 27. Februar 1822 vom *Vesuv* ausgeworfen worden, fanden sich Blättchen-Fragmente von glänzendem, schwärzlichem Glimmer. Die verschienen Bruchstücke oder Brocken, welche bis zu einer Entfernung von zwei Meilen vom Krater geschleudert wurden, enthielten gleichfalls, neben Leuzit und Augit, Glimmer, aber nur in geringer Menge, aufserdem jedoch Glimmerblättchen und sechsseitige Säulen. Nicht minder fanden sich im feinen Sande, der bis zu bedeutenden Entfernungen rings um den Krater getragen worden, Trümmer von Glimmer. Auch in den Aggregaten, welche vom *Vesuv* ausgeworfen worden sind, fand sich Glimmer. So in Kugeln von 1 bis 1½ Fufs Durchmesser, welche aus festen, granitartig verbundenen Bruchstücken von Augit und grünem Glimmer bestanden, und in Lavabrokken, meist im verglasten Zustande, in deren Zwischenräumen

*) Der Vesuv übersetzt von Nöggerath und Pauls 1824.

röthlich-gelber Glimmer in den dünnsten und glänzendsten Blättchen in Menge vorhanden war.

Bruchstücke von Glimmer, wie sie sich in den Laven vom Oktober 1822 fanden, können unmöglich für eine Bildung während der Erstarrung sprechen; sie deuten entschieden auf eine Präexistenz und Zertrümmerung während des Aufsteigens und Ausfliefsens. Glimmerblättchen, ohne wohl erhaltene Krystalle zu zeigen, können eben so wenig für eine Bildung in der erstarrenden Lava beweisen. Was endlich den Glimmer im Sande betrifft, so ist seine Präexistenz am wenigsten zu bezweifeln. Monticelli und Covelli schliefsen selbst aus ihren Beobachtungen, dafs ein Theil dieses Sandes aus dem Lavatiegel hervorgegangen sei. „Die fadenförmigen, borstenartigen und bauchigen Theilchen zeigen ganz unwidersprechlich, dafs sie im flüssigen Zustande in die Luft geworfen und schnell abgekühlt worden sind.“ Niemand wird aber wohl behaupten wollen, dafs während einer so schnellen Abkühlung auf der Reise durch die Luft Glimmer sich hätte bilden können! — Aber sehr bemerkenswerth ist, dafs selbst bis zu einer Entfernung von zwei Meilen vom Krater sechsseitige Glimmersäulen geschleudert worden sind und ihre Form bewahrt haben, obwohl der feinkörnige Sand, welcher Glimmerblättchen-Fragmente enthielt, „den Ursprung von festen Körpern zeigte, welche durch das beständige Aneinanderreiben mittelst der unaufhörlichen Thätigkeit der elastischen Flüssigkeiten in Staub zermalmt wurden.“

Der Glimmer, welcher in den genannten vulkanischen Producten von den Jahren 1821 bis 1823 zu Tage gekommen ist, zeigt also nichts, was auf seine Bildung während der Erstarrung dieser Massen deutet.

Blum fand, nach brieflicher Mittheilung, auf einer Bombe vom Ausbruche des *Vesuv* am 1. April 1835 Glimmerblättchen und Kryställchen, welche beim Herausnehmen eben solche ebene Flächen in der Masse zurückliefsen, wie die auf den oben (S. 1403) angeführten Schlacken. Dafs dieser Glimmer weder auf nassem Wege nach dem Auswurfe, noch während der Erstarrung entstanden sein konnte, ist unzweifelhaft. Von ihm ist daher nur die Präexistenz anzunehmen.

Der oben erwähnte grünliche Glimmer aus dem Tuffe des *Vesuv* ist ohne Zweifel von demselben Vorkommen, wie die von Bromeis und Chodnew analysirten Glimmer. Kjirulf fand in der Mitte der Glimmerblätter einen sechsseitigen Kern, welcher den äufseren Contouren entspricht. Auf diesem Kern, der aus demselben Glimmer zu bestehen scheint, wie der ihn umgebende Kranz, sind kleine, durchsichtige, harte, von Säuren nicht angreifbare Körnchen eingesprengt. Die sechsseitige Contour des Kerns wiederholt sich auf einigen Blättern noch ein- oder zweimal in Linien, welche durch diese Körnchen bezeichnet sind. Auch aufserhalb des Kerns, jedoch selten, tritt hier und da ein einzelnes Körnchen hervor. In demselben findet man auch schwarze Körnchen, welche nicht dünnblätterig, wie die oben (S. 1388) beschriebenen schwarzen Glimmerblättchen in lichteren Glimmertafeln sind. Sie zeigen glänzende Durchgänge, sind hart und bleiben beim Aufschliefsen des Glimmers mit Schwefelsäure zurück. Sie scheinen Augit, jene durchsichtigen Körnchen aber Quarz zu sein.

Dieses glimmerreiche und viel Olivin haltende Gestein braust sehr stark mit Säuren, welche eisenhaltige Thonerde, viel Kalkerde und Magnesia extrahiren. Die Grundmasse enthält daher auch ein mit Säuren aufschliefsbares Mineral. Ob die Kalkerde und Magnesia Zersetzungsproducte dieses Minerals sind, oder ob sie von den im Tuffe vorkommenden Carbonaten dieser Erden herrühren, ist nicht zu entscheiden. Da der Glimmer in diesen Auswürflingen in der Glühhitze seine Farbe nicht verändert und einen nur ganz geringen Gewichtsverlust erleidet: so könnte diefs für seine Präexistenz im Vulkan sprechen. Jene Quarz- und Augitkörnchen deuten aber auf spätere Bildungen, und fanden solche statt: so kann man sich auch den Glimmer als eine Bildung auf nassem Wege, lange nach dem Auswurfe des Gesteines, denken.

Breislak*) fragt: waren die in den Laven eingeschlossenen krystallisirten Substanzen schon vor diesen gebildet,

*) Lehrbuch d. Geologie Bd. III. S. 254. nach v. Strombecks Uebersetzung.

und also in den durch das vulkanische Feuer geschmolzenen Steinschichten vorhanden, oder bildeten sie sich erst in der Lava, und mufs man sie als das Product einiger in dieser enthaltenen und vorher zerstreuten Grundstoffe ansehen? — Die erste sich darbietende Idee ist, anzunehmen, dafs diese Krystallisationen einigen im Innern der Erde befindlichen Gebirgsarten, welche dem vulkanischen Feuer ausgesetzt waren, angehörten. Freilich fand man die Erklärung schwierig, wie diese Krystallisationen während der Schmelzung der ursprünglichen Gebirgsart, welche sie einschlofs, sich erhalten konnten; diese Schwierigkeit schien jedoch beseitigt, als man in Betracht zog, dafs mehrere in den Laven eingeschlossene Krystalle zerbrochen waren, und als man so viel als möglich die Hitze der Laven zu vermindern suchte. Nachdem Breislak die Sache von allen Seiten beleuchtet hatte, kam er zu dem Schlusse, dafs die zwischen vulkanischen Substanzen und in vulkanischen Gegenden vorkommenden krystallisirten Mineralien entweder ursprünglich vorhanden gewesene, oder durch das vulkanische Feuer regenerirte, oder in den Laven während der Erstarrung gebildete, oder im Innern des Vulkans entstandene und herausgeschleuderte seien.

Diesem Schlusse werden wohl alle Geologen beitreten. Es wird sich aber gewifs eine Meinungsverschiedenheit herausstellen, wenn man versuchen wollte, die genannten krystallisirten Mineralien nach diesen vier Entstehungsarten zu classificiren. Hätte Breislak glimmerhaltige Laven oder Schlacken geschmolzen und sich von der grofsen Differenz in der Schmelzbarkeit des Glimmers und der Grundmasse überzeugt: so würde seine scharfsinnige Auffassung geologischer Erscheinungen wohl dahin geführt haben, den Glimmer zu den ursprünglich vorhanden gewesenen Mineralien zu zählen. Unter tausend Glimmerkrystallen, die von der, eine glimmerreiche Gebirgsart durchbrechenden Lava eingehüllt und zermalmt werden, kann der eine oder der andere seine Form wohl erhalten. Können solche Krystalle mit Sand vermengt zwei Meilen weit vom *Vesuv* fortgeschleudert werden, und ihre Form in Begleitung mit, in der Luft erstarrten, harten und groben Massen erhalten: so ist noch leichter zu begreifen, wie einzelne Glimmerkrystalle von flüssiger, weicher Lava

eingehüllt und aus grofsen Tiefen unversehrt heraufgebracht werden können.

Von einem Glimmer, der in Lava oder in Schlacken eingehüllt worden ist, kann man nicht erwarten, dafs er beim Erhitzen Wasser giebt und seine Farbe verändert. Es ist daher zu wünschen, dafs alle vesuvischen Glimmer dieser Prüfung unterworfen werden. Es wurde schon erwähnt (S. 1378), dafs Glimmer von Auswürflingen des *Vesuv* theils gar keinen, theils einen nur geringen Glühverlust erleiden. Der Glimmer vom *Vesuv*, den ich geglüht habe, zeigte auch keine Farbenveränderung, und Bromeis und Chodnew fanden auch kein Fluor in diesem Glimmer. Obgleich diese Verhältnisse der Annahme nicht entgegen sind, dafs die Glimmer auf Auswürflingen der vulkanischen Hitze ausgesetzt gewesen waren: so können wir doch nicht, den obigen Bemerkungen (S. 1383) gemäfs, unbedingt darauf schliefsen.

Der Ursprung der Blöcke mit den ausgezeichneten Glimmerparthien, welche auf dem ehemaligen Seeboden des *Laacher-See's* liegen, erscheint nicht zweifelhaft. Die mehr oder weniger kugelförmigen Blöcke, die seit langer Zeit von den Mineralogen an den Ufern des See's aufgesucht und zerschlagen werden, und die verschiedene Mineralien enthalten, werden meist für Auswürflinge gehalten und „vulkanische Bomben" benannt. Sollten sie aber solche sein: so müfsten sie entweder aus dem Grunde des See's selbst, wenn derselbe ein ausgebrannter Krater ist, oder von ehemaligen Kratern in dem Wallgebirge des See's, wie z. B. vom *Veitskopf* ausgeschleudert worden sein. In beiden Fällen würde man verschiedenartige Blöcke überall am Rande des See's zerstreut finden; diefs ist jedoch keineswegs der Fall. Am östlichen Ufer findet man stets Blöcke von dem Gesteine, welches, wenn es überhaupt anstehend auf den innern Abhängen vorkommt in den Felsen angetroffen wird. So liegen am Fufse der *Stöckershöhe*, wo der See einen Busen bildet, am Wege, am Gehänge und bis in den See hinein viele Blöcke einer braunen schwammigen und porösen Lava mit Glimmertäfelchen und Blättchen, und dieselbe Lava, jedoch selten mit Glimmer, findet man in Felsmassen sehr nahe am Wege anstehend. Von hier aus gegen Norden nehmen diese Blöcke und Brocken

ab und es mengen sich nach und nach andere bei, die, manchmal von bedeutender Gröſse, dichte Basalte sind. Wo die gröſste Menge basaltischer Blöcke liegt, ist auch auf mäſsiger Höhe eine flache, ganz mit Basaltbrocken bedeckte Stelle, über welcher sich ein steiler Felsenkamm von dichtem Basalt hinaufzieht. Höher hinauf, bis zum höchsten Rücken, trifft man, jedoch sehr selten, kleinere Blöcke von Basalt an, der manchmal sehr porös, wie Mühlensteinlava wird. Meist sitzen diese Blöcke sehr tief in der Dammerde, so daſs sich nicht entscheiden läſst, ob sie anstehende oder herabgerollte sind. Je mehr man sich der gröſsten Höhe nähert, desto mehr nehmen diese Blöcke ab, und auf dem Rücken selbst fehlen sie gänzlich, und noch weniger ist anstehendes Gestein zu finden.

Weiter nach Norden hin nehmen am Seeufer die basaltischen Brocken nach und nach ab, und es erscheinen die lavaartigen Gesteine, welche so reich an Glimmertafeln sind. Dieselben ziehen sich in reichlicher Menge fort bis dahin, wo unmittelbar am Wege Thonschiefer ansteht, der sich auch bis in den ehemaligen Seeboden hinabzieht.

Vergebens bemühte ich mich, die glimmerreichen Gesteine am Gebirgsabhange selbst zu finden; nur einige vielleicht anstehende Basaltfelsen ragen hervor. Unter den Lesesteinen jedoch traf ich mehrere an, welche vollkommen identisch mit denjenigen waren, die in so groſser Menge auf dem ehemaligen Seeboden liegen. Dahin gehören eine theils rothbraune, theils gelbbraune poröse Schlacke mit Augiten, welche auch, wie die am See vorkommenden Schlacken, mehrere kleine Glimmerblättchen und Tafeln einschlieſst, ein dichter Basalt mit Augiten und gröſseren Glimmerparthien so häufig durchzogen, wie die ähnlichen Basalte am See, eine fein poröse graue Schlacke mit einzelnen Augiten und Glimmerblättchen, eine etwas porösere graubraune Schlacke mit wenigen kleinen Augiten und noch wenigeren kleinen Glimmerblättchen u. s. w. Auch dichte Basalte und sehr schwammige basaltische Laven, in denen keine Glimmerblättchen wahrzunehmen waren, fanden sich. Basaltische Massen mit so groſsen Augiten, oft so groſs wie das vordere Glied des Daumens und noch gröſser, zerstreut liegende Augite, beide

so häufig am Strande des See's, konnte ich aber, aller Mühe ungeachtet, dort nicht finden. Also gerade von denjenigen Blöcken und Geschieben auf dem ehemaligen Seeboden, welche sich durch ihren reichen Gehalt an Glimmerparthien am meisten auszeichnen, liefs sich der Ursprung von oben nicht, aber nur defshalb nicht nachweisen, weil die nördlichen Abhänge am *Laacher-See*, vom *Veitskopf* an nahe bis zur *Stöckershöhe*, mit einer mehrere Fufs mächtigen Lage von Bimssteinen und Asche überschüttet sind *). Auch da, wo man jenen Basalt mit grofsen Glimmerparthien findet, und wo ich in der Höhe dasselbe Gestein gesucht habe, ist diese Bedeckung die Ursache, dafs man nur sehr wenige hervorragende Blöcke antrifft.

Die Blöcke, welche auf dem ehemaligen Seeboden liegen, waren daher zu einer Zeit herabgerutscht, als der Abhang noch nicht mit Bimssteinen bedeckt war, was den dortigen Verhältnissen vollkommen entspricht, da die Haupt-Bimsstein-Ueberschüttung das jüngste und letzte Erzeugnifs der vulkanischen Thätigkeit in dieser Gegend war **).

Das locale Vorkommen der verschiedenartigen Gesteine im ehemaligen Seeboden läfst sich noch weiter verfolgen. Wo der Thonschiefer am Seeufer ansteht, und auf einer weiten Strecke verfolgt werden kann, findet man Brocken dieses Gesteins im Wechsel mit jenen basaltischen, glimmerreichen Massen. Diese nehmen aber immer ab, und bald findet man nur noch einzelne blasige Laven mit einzelnen Glimmerblättchen zwischen grofsen Quantitäten Thonschiefer-Brokken. Am westlichen Ufer endlich kommen die eigentlich sogenannten vulkanischen Bomben mit den eingeschlossenen glasigen Feldspathkrystallen ohne Glimmer vor. Eben diese Gesteine trifft man aber auch auf den entsprechenden Höhen an. Die glimmerhaltigen Gesteine sind also nur auf eine kleine Localität in den Umgebungen des See's beschränkt.

Die mehr oder weniger kugelförmige Gestalt der Blöcke im See und an dessen Ufern hat wohl zunächst Veranlassung

---

*) C. v. Oeynhausen Erläuterungen zu der geognostisch-orographischen Karte der Umgebungen des Laacher-Sees. S. 38. 1847.

**) Ebend. S. 52.

gegeben, sie für Auswürflinge zu halten. Da aber dieselben, im seichten Wasser liegend, dem Wellenschlage ausgesetzt sind, welcher, selbst bei mäfsigem Winde bedeutend ist und Sand aufwühlt, da der See zur Winterzeit an seichten Stellen zufriert und beim Aufthauen die durch Winde hin und her getriebenen Eisschollen die Gesteine auf dem sandigen Boden fortbewegen: so ist nicht zu bezweifeln, dafs ihre Kanten und Ecken theils mechanisch, theils chemisch abgerieben werden mufsten, besonders wenn man den gewifs sehr langen Zeitraum, seitdem diese Gesteine im See gelegen hatten, berücksichtigt. Dieses Abreiben zeigt sich unverkennbar an eingekneteten Augiten, die manchmal bis zu dünnen Platten abgeschliffen sind.

Unmittelbar neben den Blöcken dieses glimmerreichen Basalt finden sich andere von dichterem Basalt, welche glimmerfrei sind. Woher dieser Unterschied! — An der Dauer der Erstarrung könnte es, sofern der Glimmer ein plutonisches Erzeugnifs wäre, nicht liegen; denn es ist zu vermuthen, dafs das dichtere Gestein wenigstens nicht schneller erstarrte, als das weinger dichte oder das porösere. Dieser Umstand, welcher der pyrogenen Bildung des Glimmers entgegensteht, ist in völliger Uebereinstimmung mit der Ansicht seiner späteren Entstehung aus der augitsch-labradorischen Grundmasse; denn je dichter die Gesteine, desto schwieriger dringen die Gewässer in sie ein.

Auffallend ist es, hier einen Basalt zu finden, der so reich an Glimmer, wie kaum irgend ein anderes krystallinisches Gestein ist. Abgesehen von der Bildungsweise, mufs Jeder auf eigenthümliche Bedingungen schliefsen, die gerade in dem Basalt am *Laacher-See* stattgefunden haben.

Den Glimmer zählt v. Leonhard *) zu den Gemengtheilen des Basalt, welche darin noch sparsamer als Leuzit vorkommen. Auf eigenthümliche Verhältnisse mufs man daher schliefsen, dafs gerade in dem, im *Laacher-See* gelegenen Basalt eine so grofse Menge Glimmer angetroffen wird. Es ist übrigens bekannt, dafs sich auch im *Böhmischen Mit-*

*) Die Basaltgebilde u. s. w. Abth. I. S. 120.

*telgebirge* glimmerreiche Basalte finden. In der reichen Mineralien-Sammlung zu *Berlin* kamen mir mehrere solcher Basalte zu Gesicht. So fand ich in einem Basalt von *Bilin*, der in eine wackenähnliche, thonige, mehr oder weniger ochergelbe Gangmasse umgewandelt ist, silberweifsen bis braunen Glimmer, und zwar mitten in der zersetzten Masse, in der auch verwitterte Augitkrystalle lagen *). In einem Basalt vom *Klotzenberg* bei *Kostenblatt* war Glimmer von Hornblende und Olivin und in einem Basalt von *Meronitz* von Hornblende und Augit (S. 872) begleitet. Ein röthliches Gestein, sehr ähnlich dem vom *Laacher-See*, von *Pachkopole*, zwischen *Teplitz* und *Leitmeritz*, enthielt sehr viele Glimmerblättchen und sechsseitige Glimmertafeln. In einigen der letzteren fanden sich auch Augitkerne. Wacke von der *Galiläischen Wirthschaft*, ein sehr dichtes Gestein, schlofs braunen Glimmer in unregelmäfsigen Parthien ein. Eine andere Wacke von *Joachimsthal* war gleichfalls glimmerhaltig. Endlich fand ich einen Basalt von *Lissabon*, der sehr ähnlich dem vom *Laacher-See* war, und Glimmer, obwohl sparsam, einschlofs. Auch der Dolerit des *Horberigberg* auf dem *Kaiserstuhl* enthält schwarzen und tombackbraunen Glimmer mit Augit und Melanit, und im Melaphyr von *Thüringen*, besonders häufig in der Nähe der Gesteingrenzen, mithin da, wo die Gewässer leichten Zutritt haben, finden sich sehr häufig schwarzbraune Rubellantafeln **). Diese Glimmerart tritt auch sehr häufig in den Umgebungen des *Laacher-See* auf.

Am Ufer des *Gemünder* und des *Weinfelder Maars* bei *Daun* fand ich sogenannte vulkanische Bomben, deren Gestein dem basaltischen am *Laacher-See* sehr ähnlich ist, und die ebenfalls sehr reich an Glimmer sind. Am *Hohenfels* im *Essinger Thal* in der *Eifel* ist die Mühlensteinlava sehr glimmerreich.

---

*) Der verwitterte Basalt mit tombackbraunem Glimmer und das Thongestein mit zahllosen Blättchen desselben oder schwärzlichen Glimmers (Blum die Pseudomorphosen S. 65.) sind wahrscheinlich von demselben Fundorte.

**) Credner in n. Jahrb. f. Min. 1843. S. 284 u. 288.

Es ist sehr bemerkenswerth, dafs auch in diesen Fundorten der Glimmer nur im veränderten Basalt vorkommt; denn die Wacke ist gleichfalls nichts anders als ein Basalt, dessen Zersetzung in Gängen, wie bei *Bilin*, wo die Gewässer den leichtesten Zutritt haben, am leichtesten erfolgen konnte. Wer kann da noch zweifeln, dafs der Glimmer ein Zersetzungsproduct dieses Gesteins ist? — Wäre er ein Erstarrungsproduct: so wäre nicht einzusehen, warum er nicht ebenso im frischen unveränderten, wie im zersetzten Basalt vorkommt.

Der von Bromeis gefälligst unternommenen Analyse des Glimmers aus dem Basalt des *Laacher-See's* (I und II) fügen wir die des Glimmers vom *Vesuv* (S. 1378) (III), gleichfalls von Bromeis, (IV) von Chodnew und (V) von Kjirulf bei

| | I | II | III | IV | V |
|---|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure | 44,63 | 43,02 | 39,75 | 40,91 | 44,63 |
| Thonerde | 16,48 | 16,85 | 15,99 | 17,79 | 19,04 |
| Eisenoxyd | 11,32 | 11,63 | 8,29 | 11,02 | 4,92 |
| Magnesia | 19,06 | 18,40 | 24,49 | 19,04 | 20,89 |
| Kalkerde | — | 0,71 | 0,87 | 0,30 | — |
| Kali | } 9,75 | 8,60 | 8,78 | 9,96 | 6,97 |
| Natron | | 1,15 | | | 2,05 |
| Titan | Spur | Spur | | | |
| Glühverlust | | | 0,75 | | 0,17 |
| | 101,24 | 100,36 | 98,92 | 99,02 | 98,67 |

Die ziemlich nahe Uebereinstimmung dieser Glimmerarten, besonders wenn man die isomorphen Basen Thonerde und Eisenoxyd addirt, läfst auf gleiche Entstehung schliefsen. I war dunkelrauchgrau und wurde beim Glühen gelbbraun, wobei er 1,75 Proc. ammoniakhaltiges Wasser gab. II hatte ich vorher geglüht, wodurch derselbe tombackfarben wurde und viel ammoniakalisches Wasser gab. Wegen Mangel an Material konnten in I. die Alkalien nicht bestimmt werden; sie wurden aus der zweiten Analyse übergetragen. Darin zeigt sich ein Unterschied, dafs III und IV nur einen geringen oder gar keinen Glühverlust ergaben. Ob diese Glimmer auch ur-

sprünglich frei von Wasser und organischer Substanz waren, oder ob beide durch die vulkanische Hitze ausgetrieben worden, bleibt unentschieden *).

Vergleicht man die Zusammensetzung dieser Glimmerarten mit der der Basalte, z. B. mit dem von *Wickenstein* (Bd. II. S. 694. No. V. *A* und *B*): so wird man überrascht durch die grofse Aehnlichkeit. Wir brauchen blofs anzunehmen, dafs die Kalkerde in solchem Basalt gegen Magnesia ausgetauscht wird, und es ist dann zu begreifen, wie sich $\frac{1}{11}$ — $\frac{1}{12}$ der Basaltmasse in Glimmer umwandeln kann. Die Hauptgemengtheile des Basalt, Augit und Labrador, unterliegen wirklich Umwandlungsprocessen durch solchen Austausch (Bd. II. S. 829 und 1080). Die Kalkerde des Augit kann aber auch gegen Kali ausgetauscht werden (S. 830); findet daher ein gleichzeitiger Austausch der Kalkerde des Basalt gegen Magnesia und gegen Kali statt: so kann eine viel gröfsere Menge Basalt in Glimmer umgewandelt werden.

Da veränderte Augite manchmal Alkalien enthalten (Bd. II. S. 527 und 563): so war es von Interesse, Augitkrystalle aus dem *Laacher-See* auf Alkalien zu prüfen. Die Resultate einer qualitativen Prüfung wurden schon S. 511 mitgetheilt. Die der quantitativen Analyse unterworfenen Augitbruchstücke waren mehr oder weniger alterirt, die Kanten- und Ecken abgerundet, die Flächen glanzlos, rauh und hier und da mit kleinen Grübchen und feinen Rissen durchzogen; die unebenen Bruchflächen waren jedoch glänzend. Fremdartige Mineralien in den Grübchen waren mit der Lupe nicht wahrzunehmen. Ihre Zusammensetzung war

---

*) I und II wurden im geglühten Zustande durch starke Säuren, IV, und ohne Zweifel auch III, durch Schwefelsäure zersetzt. V wurde von Schwefelsäure fast ganz aufgeschlossen. Aus den zurückgebliebenen weifsen, glänzenden Blättchen extrahirte Flufssäure nur noch 0,807 Proc. vom ganzen Glimmer, und diefs bestand aus 0,207 Thonerde und Eisenoxydul, 0,165 Magnesia, 0,165 Kali und 0,330 Natron.

| | Augit im Ganzen | Sauerst. Antheile | Auszug durch Salzsäure |
|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . | 50,83 | 26,41 | 0,10 |
| Thonerde . . . . | 2,16 | 1,01 | 0,41 |
| Eisenoxydul . . . | 13,50 | 3,00 | 1,56 |
| Manganoxydul . . | 7,56 | 1,70 | |
| Kalkerde . . . . | 21,73 | 6,18 | 0,98 |
| Magnesia . . . . | 3,42 | 1,34 | |
| Kali . . . . . . . | 0,98 | 0,17 | 0,10 |
| Natron . . . . . . | 0,38 | 0,10 | |
| | 100,56 | 13,50 | 3,15 |

Hatten diese Augite ursprünglich die Zusammensetzung der thonerdehaltigen (Bd. II. S. 525): so betrugen die Basen, welche sie verloren, mehr als die Alkalien, die sie aufgenommen hatten. Es scheint daher nicht blofs eine Verdrängung der Kalkerde, des Eisenoxydul u. s. w. durch die Alkalien, sondern auch eine Fortführung jener Basen als Carbonate stattgefunden zu haben; denn an Kohlensäure fehlte es nicht, da, namentlich in der Nähe der Fundorte jener Augite, dieses Gas beständig aus dem Seeboden aufsteigt.

Andere Augitkrystalle aus dem *Laacher-See* gepülvert, geschlämmt und mit Salzsäure behandelt, traten an dieselbe 3,15 Proc. von obiger Zusammensetzung ab. Der Rückstand enthielt gleichfalls Alkalien. Die durch die erste Analyse gefundenen Alkalien rührten daher nicht von einer etwa beigemengt gewesenen zeolithartigen Substanz her; sondern gehörten zur Masse der Augite.

So wie diese Augite Alkalien aus dem Seewasser aufgenommen und sich dadurch der Mischung des Glimmers genähert hatten (Bd. II. S. 561 ff.): so konnte wohl auch die augitische Grundmasse in jenen glimmerreichen Gesteinen des *Laacher-See's* solche aufnehmen.

Der ganze Umwandlungsprocefs basaltischer Gesteine in Glimmer reducirt sich sonach auf eine Zersetzung ihrer Kalksilicate in Magnesia- und Kalisilicate, wobei vielleicht auch theilweise die Natronsilicate in Kalisilicate zersetzt werden

(Bd. II. S. 565). Diese Zersetzung erfolgt durch kohlensaure Magnesia und durch kohlensaures Kali (S. 489 und 420): zwei Salze, welche wir im Wasser des *Laacher-See's* finden; denn eine wiederholte Analyse dieses Wassers ergab die Gegenwart des kohlensauren Kali neben kohlensaurem Natron (Bd. I. S. 359). Es ist überflüssig zu bemerken, dafs in diesem Wasser der als Zersetzungsproduct aus dem Basalt ausgeschiedene kohlensaure Kalk in reichlicher Menge enthalten ist.

Unter allen Umwandlungsprocessen, deren Endpunct Glimmer ist, kann es kaum einen geben, der leichter zu begreifen ist, als der in Rede stehende. Wer diesen läugnet, mufs noch vielmehr die nicht so einfachen Umwandlungsprocesse, wie z. B. den des Turmalin in Glimmer, läugnen. Hier hilft indefs das Läugnen nichts; denn diese und so viele andere Umwandlungen sind durch Pseudomorphosen vollständig erwiesen. Da eine gemengte Gebirgsart, wie Basalt, keine Krystallform besitzt: so kann man freilich seine Umwandlung in Glimmer mineralogisch nicht, wohl aber chemisch nachweisen.

Die beiden glimmerhaltigen Gesteine aus dem *Laacher-See* enthalten viele Augitkrystalle von mikroskopischer bis zu 1 Zoll Gröfse, welche mehr oder weniger angegriffen, porös und zerfressen, aber von wenig veränderter Farbe sind. Sehr häufig findet man in ihnen Glimmerparthien, selten sechsseitige Säulen oder Blättchen, die gewöhnlich nicht ganz ausgebildet sind. In einer Glimmerparthie ist ein unvollkommenes Sechseck durch Löcher angedeutet. Meist trifft man in einem Krystall mehrere Glimmerparthien an, die manchmal gleiche Lage haben, indem sie zugleich das Licht reflectiren, manchmal aber in verschiedenen Ebenen liegen. An der Grenze zweier Glimmerparthien, die neben einander in verschiedenen Ebenen liegen, schiebt sich Augit wie ein Keil zwischen beide. Auf derselben Stufe scheint eine Glimmerparthie einen Augit zu überragen, auf der schlackigen Grundmasse findet sich ein kleiner Glimmerkegel und in einem Höhlenraume ein Glimmerblättchen. In einem Augit wechseln mehrere Glimmerparthien mit augitischer Masse. In einem andern erscheint die Glimmerparthie mit augitischer Masse gemengt, und eine

sechsseitige Glimmertafel enthält Eindrücke von augitischer Masse. Häufig sind die Glimmertheilchen in den Augiten nur unter der Lupe zu erkennen *).

Gehen in basaltischen Gesteinen Umwandlungsprocesse von Statten, wodurch so bedeutende Massen von Glimmer gebildet werden, wie wir sie in diesen Gesteinen finden: so ist auch zu begreifen, wie sich ein Theil der augitischen Grundmasse in Krystallen porphyrartig ausscheiden kann. Das Vorkommen der Augite (Bd. II. S. 531 und 601) spricht für eine solche Krystallisation auf wässrigem Wege **). Sonach sind die Glimmerparthien und die Augite gleichzeitige Bildungen. Die in Augiten eingeschlossenen Glimmerparthien sind aber, nach den Bd. II. S. 874 erörterten Gründen, gewifs nicht gleichzeitig mit jenen entstanden. Erwägt man, dafs diese Augite mehr oder weniger alterirt sind, dafs sie also nach ihrer Bildung Veränderungen erlitten haben, er-

---

*) Mein Freund Blum, dem ich viele von den glimmerhaltigen Gesteinen zur mineralogischen Untersuchung übergeben hatte, bemerkte hierüber, dafs es ihm nicht gelungen sei, in denselben die Glimmerbildung aus Augit durch das Auffinden einer eigentlichen Pseudomorphose zu bestätigen. Obwohl die Beziehungen, in denen Augit und Glimmer in diesen Gesteinen zu einander stehen, mehr als vermuthen lassen, dafs dieser aus jenem entstehen kann und entsteht: so konnte er doch weder hier noch an einem andern Orte den Glimmer in der Form von Augit auffinden. Der Augit zeigt fast gar keine Spaltbarkeit, ist mehr dicht und von kleinen hohlen Räumen so durchzogen, dafs man wohl an eine äufsere Einwirkung denken kann, welche solche Zustände hervorgerufen hat. Der Glimmer (Rubellan) ist theils in Krystallen, theils in blätterigen Massen vorhanden, und findet sich nicht allein in Berührung mit dem Augit, sondern auch von letzterem umschlossen, ja selbst manchmal im Gemenge mit demselben, so dafs man unwillkührlich an die Entstehung des einen aus dem andern denken mufs.

**) Man vergl. auch den Bericht über die Mittheilungen von Freunden der Naturwiss. in Wien Bd. VI. S. 77. 1850. Nach Mittheilungen von Blum finden sich kleine Augitkrystalle im Analzim und Comptonit, die in sehr schönen Krystallen in Blasenräumen des sogenannten Analzimit der *Cyklopen*-Inseln vorkommen. Wer kann annehmen, dafs Augitkrystalle in Zeolithen auf andere Weise als diese gebildet worden sind? —

wägt man ferner, dafs sich Augit in Glimmer umwandeln kann (Bd. II. S. 561) *), und dafs sich in veränderten Augiten Alkalien finden (S. 1420): so kann die spätere Bildung des eingeschlossenen Glimmers aus zersetzter Augitsubstanz nicht befremden.

VIII. Glimmer auf Hüttenschlacken. Für die Möglichkeit einer plutonischen Bildung des Glimmers scheint das Vorkommen von sechsseitig prismatischen Krystallen eines glimmerartigen Körpers, welchen Mitscherlich **) in alten Schlacken von der Kupferroharbeit zu *Garpenberg* in *Schweden* fand, zu sprechen. Dieses künstliche Product besteht nach ihm aus

| | |
|---|---|
| Kieselsäure . . . . | 47,31 |
| Thonerde . . . . . | 5,74 |
| Eisenoxyd . . . . . | 28,91 |
| Manganoxyd . . . . | 0,48 |
| Magnesia . . . . . | 10,17 |
| Kalk . . . . . . | 6,23 |
| Kali . . . . . . . | 1,05 |
| | 99,89 |

Diese Zusammensetzung unterscheidet sich von der aller anderen Glimmerarten durch den bedeutenden Kalkgehalt; denn die gröfste bis jetzt in ihnen gefundene Menge Kalk beträgt 1 Proc. und die meisten Glimmerarten sind ganz frei davon. Mitscherlich nimmt an, dafs in jener Glimmerschlacke das Kali zum Theil durch Kalk ersetzt sei. Nach Bredberg ***) soll ihre Bildung von dem, die *Garpenberger* Erze begleitenden Glimmer und vom Kalkzuschlage abzuleiten sein.

*) L. v. Buch beschreibt schon Augitkrystalle vom *Monzon*, welche ganz rauh, matt, löcherig und zerfressen, und nur an einzelnen Stellen durch bedeckende Glimmerblättchen etwas glänzend sind. Geogn. Briefe 1824. S. 120.

**) Abhandl. d. K. Acad. d. Wiss. zu Berlin, aus den Jahren 1822 und 1823.

***) Jern-Kontorets Annal. 1826. X. I. 155.

Da seit länger als hundert Jahren die Schlackenhalden bei *Garpenberg* den eindringenden Meteorwassern ausgesetzt sind, indem der Betrieb der dortigen Kupfergruben bis in das zwölfte Jahrhundert hinaufreicht: so sprach ich die Ansicht aus *), dafs jener glimmerartige Körper eine spätere Bildung auf nassem Wege sein könnte. Mein verehrter Freund G. Rose bemerkte dagegen, dafs das Ganze das Ansehen einer noch sehr frischen Schlacke habe und keine Bildung in Höhlungen oder Drusenräumen sei.

Man mufs zunächst die Frage aufwerfen, ob eine Substanz, welche so viel Kalk und so wenig Kali enthält, überhaupt zum Glimmer gezählt werden könne. Die Augitlaven enthalten alle Kalk. Hätte sich der in denselben vorkommende Glimmer auf feuerflüssigem Wege gebildet: so wäre zu vermuthen, dafs man auch darin jemals einen dem *Garpenberger* ähnlichen Kalkglimmer gefunden haben würde. Allein der Glimmer in der Lava des *Vesuv*, so wie in den Schlacken des *Herchenberg* und im basaltischen Gesteine des *Laacher-See's* enthält nur Spuren von Kalk. Ist der glimmerartige Körper von *Garpenberg* von dem, die Erze begleitenden Glimmer und vom Kalkzuschlage abzuleiten: so kann von einer eigentlichen Glimmerbildung nicht die Rede sein. Wohl aber ist zu begreifen, wie beim dortigen Schmelzprocesse der Kalk das Kali des Glimmers theilweise verdrängen konnte; denn dafs in hoher Temperatur Kali durch Kalk aus Mineralien ausgeschieden wird, ergiebt sich aus Berthier's Versuchen (Bd. II. S. 294) **), und aus dem bekannten Verfahren, das Lithion und die anderen Alkalien aus dem Lithionglimmer durch Glühen mit Kalk darzustellen.

War der Glimmer jener Kupfererze sehr strengflüssig: so blieb er bei der Kupferroharbeit zu *Garpenberg* ungeschmolzen und veränderte sich blofs so weit, dafs der Kalk gröfstentheils an die Stelle des Kali trat.

Als ich das Bd. II. S. 1000 angeführte, kalkcarbonathaltige,

---

*) Amtlicher Bericht der Versammlung der Naturforscher u. s. w. in Aachen S. 247.

**) Glüht man ein Gemeng aus fein gepülvertem Feldspath und Kalk anhaltend: so zieht Wasser aus der geglühten Masse Kali aus.

glimmerschiefrige Gestein einige Stunden lang einer starken Glühhitze im Platintiegel aussetzte, die geglühte Masse mit Wasser auslaugte, den Kalk durch Kohlensäuregas niederschlug und die davon abfiltrirte Flüssigkeit zur Trockne abdampfte, zeigte der Rückstand alkalische Reaction. Bei Wiederholung des Versuchs mit einer gröfseren Menge gab sich der Rückstand durch Platinauflösung als Kali zu erkennen. Der S. 1000 II angeführte körnige Kalk mit Glimmer gab dieselben Resultate. Die Aufnahme von Kalkerde konnte durch den Versuch nicht bestätigt werden, da der Glimmer in jenem glimmerschiefrigen Gesteine schon etwas Kalk als Silicat enthielt.

Die vorstehenden Versuche liefern neue Beweise, dafs weder der körnige Kalk, noch der damit gemengte Glimmer durch eine plutonische Metamorphose entstanden sein können. Sei es, dafs ein sedimentäres Schiefer- und ein Kalkgestein präexistirt hätten, und beide gleichzeitig in Kalkglimmerschiefer umgewandelt worden wären, oder dafs in einen präexistirenden Glimmerschiefer sedimentärer oder körniger Kalkstein eingedrungen wäre: in jedem dieser Fälle würde, wenn plutonische Hitze gewirkt hätte, das Kali im Glimmer durch den Kalk ausgeschieden und durch später eingedrungene Gewässer fortgeführt worden sein, während sich Kalkglimmer gebildet hätte. Der Glimmer aus körnigem Kalk von *Pargas* enthält aber, nach Svanberg *), 8,45 Proc. Kali und nur 1,03 Kalk, und selbst diese geringe Menge mag wohl zum Theil von beigemengtem körnigen Kalk herrühren. Berücksichtigt man, dafs der immer sehr deutlich geschichtete Kalkglimmerschiefer (Bd. II. S. 999), welcher einerseits in reinen körnigen Kalkstein, andererseits in gewöhnlichen Glimmerschiefer übergeht, in den *Oestreichischen* und *Schweizer-Alpen* sehr verbreitet ist, und auch in der *Alleghanykette* der *Vereinigten Staaten* eine wichtige Rolle zu spielen scheint **): so ist von dem darin vorkommenden Glimmer die nicht plutonische Bildung evident. Dafs aber auch der Glimmer in anderen Gesteinen

*) Berzelius Jahresbericht XX. S. 235.

**) Naumann's Geognosie. Bd I. S. 668.

keine plutonische Bildung sein kann, zeigen alle in diesem Kap. entwickelten Verhältnisse.

Möchten doch Diejenigen, welche, wie es scheint, nur widersprechen, um zu widersprechen, die Resultate vorstehender Versuche, welche ihnen jeden weiteren Ausweg verschliefsen, beherzigen. Oder sollte doch noch ein Ausweg, irgend eine Qualitas occulta von ihnen gefunden werden: so würden wir sehr neugierig sein, davon in Kenntnifs gesetzt zu werden.

Fassen wir alle im Vorhergehenden mitgetheilten Thatsachen zusammen: so können wir keinen einzigen vollgültigen Beweis für die Entstehung auch nur eines einzigen Glimmerblättchens auf pyrogenem Wege finden; vielmehr müssen wir allen Glimmer für eine Bildung aus gegebenen Substanzen durch Umwandlungsprocesse auf nassem Wege halten.

## Glimmer in Formen anderer Mineralien.

Diese Umwandlungspseudomorphosen sind bei Betrachtung der einer solchen Umwandlung fähigen Mineralien schon beschrieben worden. Seitdem haben sich noch einige gefunden, welche sich gleichfalls in Glimmer umwandeln können, und die Zahl derselben wird sich, wenn man nur die Aufmerksamkeit darauf richtet, noch immer mehren. Besonders auf solche Gebilde ist sie zu richten, wo sich der Glimmer in eigenthümlichen Formen findet, aber keine Mineralien vorhanden sind, von denen man eine Umwandlung in Glimmer vermuthen könnte; denn es liegen mehrere Fälle vor, wo das ursprüngliche Mineral ganz verschwunden ist, wie z. B. beim Glimmer nach Pyrargillit, nach Gigantolith (Bd II. S. 375 und 376) und nach Chlorophyllit *). Beryll und Cyanit sind die seitdem gefundenen Mineralien, welche, nach brieflichen Mittheilungen Blum's, in Glimmer umgewandelt werden können. Dafs Glimmer auch aus Kalkepidot entstehen zu können scheint, wurde Bd. II. S. 416 angeführt. Ueber

---

*) Blum Nachtrag. S. 39.

die Umwandlung des Beryll verdanke ich **Blum** folgende Mittheilungen.

In einem grobkörnigen Granit, der in *Heidelberg* durch den Wegbau aufgeschlossen wurde, fand er kleine Berylle meist in einem veränderten Zustande und an einigen Stellen sogar, mit Beibehaltung der Form, ganz in ein Gemeng von Glimmer und Quarz umgewandelt. Die Glimmerblättchen liegen nach allen Richtungen, biegen sich um die Quarzkörnchen herum, bedecken jedoch die Seitenflächen der hexagonalen Säulen. Sie sind grünlich und röthlich, und, wie es scheint, mit etwas Rotheisenrahm überzogen. Eine beginnende Umänderung in Glimmer findet man auch zuweilen an den Beryllen aus *Baiern*. Ein Exemplar enthält sehr viel Glimmerblättchen eingemengt und ist an vielen Stellen mit solchen bedeckt. Auch der Beryll von *Royalstone* in *Massachusets* zeigt da, wo er trübe ist, ein Gemeng mit Glimmer. Selbst am Smaragd aus *Sibirien* bemerkt man meist, wie die Enden der Krystalle sich in Glimmer verlaufen. Mit der Lupe erkennt man leicht ein Gemeng aus Glimmer und Smaragd. Nach gefälliger Mittheilung von G. **Rose**, hat **Berzelius** in seiner Beschreibung und Untersuchung der Mineralien von *Finbo* bei *Fahlun* Krystalle von Beryll, ein bis mehrere Zoll grofs, welche ganz in Glimmer umgewandelt waren, unter dem Namen Pseudosmaragd beschrieben. G. **Rose** sah sie 1821 in *Stockholm*.

Da der Beryll eine gröfsere Menge Kieselsäure enthält, als selbst die an diesem Stoffe reichsten Glimmerarten: so ist der in den Beryllen von *Heidelberg* ausgeschiedene Quarz leicht zu begreifen. Sollte vielleicht in dem Glimmer, welcher aus diesen Beryllen entstanden ist, neben Thonerde Beryllerde vorkommen, oder ist bei der Pseudomorphose letztere Erde als Silicat aus der Mischung getreten?

Sämmtliche Mineralien, welche einer Umwandlung in Glimmer fähig sind, lassen sich unter vier Rubriken bringen.

1) Mineralien, welche dieselben Bestandtheile wie die Glimmerarten enthalten. Dahin gehört die Bd. II. S. 390 angeführte Reihe, deren Endglied, der Pinit, der Mischung des Kaliglimmers so nahe steht, dafs geringe Veränderungen in den quantitativen Verhältnissen der Bestandtheile (S. 391) zur

Umwandlung in Glimmer hinreichen werden. Dahin gehört ferner der Turmalin und der Feldspath.

Mein verehrter Freund Rammelsberg hatte die Güte, einen ihm übergebenen schwarzen Turmalin I mit silberweifsem Glimmer II, der ohne Zweifel eine Pseudomorphose nach jenem war, zu analysiren *). Der Turmalin war ziemlich weich, also nicht mehr frisch. Sein specif. Gewicht war 3,055; das des Glimmers 2,831. Einen ochergelblichen Glimmer von *Neustadt* in *Sachsen* nach Turmalin habe ich, so weit die sehr geringe Menge es gestattete, analysirt III. Der Turmalin war durch und durch zersetzt, und dunkelocherbraun; der Glimmer fand sich nicht blofs auf der Oberfläche in Schuppen, sondern auch auf allen Bruchflächen in ganz kleinen Blättchen.

| | I Turmalin | | II Glimmer | III |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . | 36,70 | | 48,78 | |
| Thonerde . | 35,35 | | 32,36 | 36,33 (Thonerde und Eisenoxyd) |
| Eisenoxyd . | 11,25 | | 3,06 | |
| Kalkerde . | 0,75 | | 0,29 | |
| Magnesia . | 4,56 | | 1,28 | 1,50 |
| Alkali . . | 11,09 (Alkali, Borsäure, Fluor) | Kali | 10,25 | 5,87 |
| Borsäure . | | Natron | 1,55 | 1,30 |
| Fluor . . . | | | | |
| Glühverlust . | 0,30 | Wasser | 2,43 | |
| | 100,00 | | 100,00 | |

Die Vergleichung der Analysen I und II zeigt, dafs bei der Umwandlung des Turmalin in Glimmer, mit Ausnahme der Alkalien, von den übrigen Basen mehr oder weniger und die Borsäure ganz aus der Mischung getreten ist. In welchem Verhältnisse die Alkalien zugetreten sind, kann nicht bestimmt werden, da die im Turmalin schon vorhandenen wegen der geringen Menge des zur Analyse verwendeten Materials nicht zu ermitteln waren.

*) Poggend. Annal. Bd. LXXXI. S. 38.

Das ausgeschiedene Eisen findet sich auf den ocherbraun gefärbten Glimmerblättchen und wird durch erwärmte Salzsäure aufgelöst, wobei die Blättchen weiſs werden. Die Borsäure ist wahrscheinlich in Verbindung mit Natron und Magnesia aus der Mischung getreten, da diese borsauren Salze vorkommen (Bd. I. S. 683 ff.). Zu bemerken ist, daſs wegen der Abnahme des specif. Gewichts des Turmalin, bei seiner Umwandlung in Glimmer, 7,33 Proc. von den Bestandtheilen verloren gehen konnten, ohne daſs eine Volumen-Verminderung einzutreten brauchte.

Der Glimmer III wurde durch Behandlung mit kochender Salzsäure silberweiſs. Die salzsaure Auflösung enthielt 1,51 Proc. Thonerde und Eisenoxyd und Spuren von Kalk und Magnesia. Selbst nach 48stündigem Digeriren mit Schwefelsäure wurde nur 1,23 Proc. Thonerde und Eisenoxyd und 1,5 Magnesia ausgezogen. Auch in Fluſssäure schloſs sich dieser Glimmer sehr schwierig auf. Bemerkenswerth ist, die Thonerde neben Eisenoxyd zu finden, da bei der Umwandlung des Turmalin in Glimmer von beiden Basen ein Theil ausgeschieden wird. Die nahe gleichen Quantitäten Thonerde, Eisenoxyd und Magnesia in II und III zeigen, daſs die Umwandlungsprocesse in beiden Fällen dieselbe Richtung genommen haben.

Die Vermuthung, daſs Magnesiasilicat durch kohlensaures Kali zersetzt und so Magnesia gegen Kali ausgetauscht werden könne, hat sich nicht bestätigt; denn als künstliches Magnesiasilicat (Bd. I. S. 730), mit einer Lösung von kohlensaurem Kali übergossen, 24 Stunden lang stehen blieb, und der Rückstand sorgfältig ausgewaschen wurde, brauste dieser mit Säuren nicht im mindesten. Eben so wenig konnte Magnesiasilicat durch anhaltendes Kochen mit einer Lösung von kohlensaurem Kali in Magnesiacarbonat und Kalisilicat zersetzt werden.

Rammelsberg *) fand, daſs der rothe Turmalin von *Rozena* in *Mähren* groſsentheils undurchsichtig, wenig glänzend, nicht sehr hart, mit Lepidolithschuppen gemengt, und in seiner Zusammensetzung von den übrigen rothen Turma-

---

*) Ebend. S. 17. u. 39.

linen abweichend, ohne Zweifel in Umwandlung begriffen war. Diefs veranlafste ihn, auch den begleitenden, schon von C. Gmelin *) und Kralowansky **) analysirten Lepidolith einer Analyse zu unterwerfen.

| | I<br>Rother Turmalin | II<br>Lepidolith<br>Rammelsberg | III<br>Lepidolith<br>Gmelin |
|---|---|---|---|
| Fluor . . . . . . | 2,70 | 7,12 | 3,45 |
| Phosphorsäure . . | 0,22 | 0,16 | 0,11 |
| Kieselsäure . . . | 41,16 | 51,70 | 49,06 |
| Borsäure . . . . | 8,56 | — | |
| Thonerde . . . . | 41,83 | 26,76 | 33,61 |
| Manganoxyd . . . | 0,97 | 1,29 | 1,40 |
| Kalkerde . . . . . | — | 0,40 | |
| Magnesia . . . . | 0,61 | 0,24 | 0,41 |
| Kali . . . . . . . | 2,17 | 10,29 | 4,19 |
| Natron . . . . . | 1,37 | 1,15 | |
| Lithion . . . . . | 0,41 | 1,27 | 3,59 |
| Wasser und Verlust | — | | 4,18 |
| | 100 | 100,38 | 100 |

In I und im halbdurchsichtigen Turmalin von *Sarapulsk* (nach Hermann) sind Kieselsäure und Thonerde nahe in gleicher Menge; in den rothen Turmalinen von *Elba*, von *Paris* in *Maine* und von *Schaitansk* (nach Rammelsberg***) und von *Perm* (nach C. Gmelin) beträgt aber die Thonerde nahe 5 Proc. mehr als die Kieselsäure. Da diese durchsichtig und sehr hart waren: so ist dieses Verhältnifs für das normale zu halten. In den Lepidolithen beträgt die Kieselsäure bei weitem mehr als die Thonerde; der rothe Turmalin I hatte daher schon viel von seiner Thonerde verloren;

*) Schweigger's Journ. Bd. XXX. S. 181.

**) Ebend. Bd. LIV. S. 230. Diese Analyse stimmt mit der Gmelin's so nahe überein, dafs man ihre wirkliche Ausführung fast bezweifeln mufs.

***) A. a. O. S. 12 ff.

er war deſshalb schon in Umwandlung begriffen, und noch mehr der rothe Turmalin von diesem Fundorte, nach Gmelin's Analyse; denn in diesem überwiegt die Kieselsäure schon sehr die Thonerde. In I beträgt das Kali mehr als das Natron und Lithion, in den drei anderen rothen Turmalinen beträgt dagegen das Natron mehr als Kali und Lithion, oder nahe so viel wie diese. In I hatte daher schon eine theilweise Verdrängung des Natron durch Kali stattgefunden (Bd. II. S. 442). Die Lepidolithe II und III sind nahe von gleicher Zusammensetzung; nur daſs in II das Kali, in III die Thonerde überwiegt. Da II entschieden ein Umwandlungsproduct von I ist: so ist dasselbe auch von III zu vermuthen.

Die Umwandlung des rothen Turmalin in Lepidolith nimmt daher dieselbe Richtung, wie die des schwarzen, sie ist gleichfalls mit gänzlicher Ausscheidung der Borsäure, theilweiser der Thonerde, und mit Aufnahme von Kali verknüpft. Indem dadurch die Kieselsäure relativ zunimmt, mag es wohl sein, daſs eine absolute Zunahme derselben nicht stattfindet. In diesem Falle würde die Thonerde bloſs theilweise durch Kali verdrängt werden. Sollte aber Kieselsäure aufgenommen werden: so würde sie in Verbindung mit Kali zutreten.

Der schwarze Turmalin (S. 1428) war Magnesiaturmalin; gleichwohl ist aber ein Kaliglimmer mit nur wenig Magnesia daraus hervorgegangen. Weiteren Untersuchungen bleibt vorbehalten, ob sich auch ein an Magnesia reicher Turmalin nur in Kaliglimmer umwandelt.

Sollte die Umwandlung des Orthoklas in Kaliglimmer (Bd. II. S. 303 und S. 1400) durch Ausscheidung von Kali und Kieselsäure erfolgen: so würde die Masse des Glimmers nur 67 Proc. von der des Feldspath betragen. Die Pseudomorphosen müſsten daher sehr porös sein, was nicht der Fall ist. Blum war so gütig, von dem S. 304 erwähnten pseudomorphen Glimmer und von dem veränderten Feldspath etwas zur Analyse aufzuopfern.

| | Glimmer | Feldspath |
|---|---|---|
| Kieselsäure . . . | (60,51)*) | (67,95) |
| Thonerde . . . | 25,00 | 12,76 |
| Eisenoxyd . . . | 7,77 | 2,09 |
| Magnesia . . . . | Spur | — |
| Kali . . . . . . | 3,92 | (16,66) |
| Natron . . . . | 0,15 | |
| Glühverlust . . . | 2,65 | 0,54 |
| | 100,00 | 100,00 |

Das Material reichte nicht hin, die Kieselsäure direct zu bestimmen und auf Fluor zu prüfen. Dafs bei dieser Umwandlung des Feldspath in einen kieselsäurereichen Kaliglimmer Thonerde und Eisenoxyd aufgenommen und Alkalien abgeschieden wurden, mithin das Entgegengesetzte von dem erfolgte, was bei den Umwandlungen des Turmalin, Wernerit und Andalusit in Glimmer stattfindet, ist unzweifelhaft. Jener veränderte Feldspath enthält viel weniger Thonerde, als irgend einer unter den bis jetzt analysirten; bei seiner Veränderung ging also Thonerde verloren. Es liegt daher die Vermuthung sehr nahe, dafs diese aus einem Antheil Feldspath ausgeschiedene Thonerde von einem andern Antheil aufgenommen wurde. Das Eisenoxydul in Glimmer ist ohne Zweifel von aufsen hinzugetreten, und eben so gröfstentheils das im veränderten Feldspath enthaltene Eisenoxyd; denn dieses beträgt mehr, als die bis jetzt in frischen Feldspathen gefundenen Quantitäten. Die Gewässer, welche die Thonerde im Feldspath translocirten, haben wohl auch das Eisenoxydul zu- und die Alkalien theilweise fortgeführt.

Man sieht, die Umwandlung des Feldspath in Glimmer beruht auf einem eigenthümlichen, von den bisher bekannt gewordenen, verschiedenen Procefs. Weitere Analysen von Glimmer nach Feldspath von anderen Fundorten sind sehr zu wünschen, damit dieser merkwürdige Procefs noch mehr

*) Die Klammern in dieser und den folgenden Analysen bezeichnen die durch Subtraction bestimmten Werthe.

aufgeklärt werde. Hiermit ist jedoch stets die gleichzeitige Analyse des veränderten, aber nicht zu Glimmer gewordenen Feldspath zu verknüpfen.

2) Mineralien, welche mit Ausnahme der Alkalien alle Bestandtheile der Glimmerarten enthalten. Es ist nur der Cordierit, welcher in diese Rubrik gehört (Bd. II. S. 371). Dieser ist aber auch in der ersten Rubrik (S. 370) der Anfangspunct der Reihe. Dafs er Kali aufnimmt, zeigt seine Umwandlung in Fahlunit u. s. w. und in Pinit.

3) Mineralien, welche Kalksilicate enthalten, und daher durch Austausch der Kalkerde gegen Alkalien einer Umwandlung in Glimmer fähig sind (Bd. II. S. 418). Dahin gehören nach den bisherigen Untersuchungen der Wernerit (S. 409), der Kalkepidot (S. 416), der Vesuvian (S. 507), der Augit (S. 561) und die Hornblende (S. 870).

Die Aufnahme von Alkalien durch den Wernerit ist erwiesen (S. 404), und die Verdrängung des Natron in demselben durch Kali sehr wahrscheinlich (S. 413). Nachstehende Analysen werfen einiges Licht auf diese Umwandlungsprocesse.

| | I | II | III | IV | V |
|---|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . | (65,82) | 61,64 | 46,75 | 45,10 | 49,42 |
| Thonerde und Eisenoxyd | 27,37 | 26,76 | 26,15 | 32,76 | 26,81 |
| Kalkerde . . | — | 2,98 | — | 17,84 | 15,59 |
| Magnesia . . | 0,42 | — | 15,78 | — | 0,68 |
| Kali . . . . | 5,77 | (6,76) | 5,64 | 0,68 | — |
| Natron . . . | 0,42 | | 0,82 | 0,76 | 6,05 |
| Glühverlust . | 0,20 | 1,86 | 0,63 | 1,04 | 1,45 |
| Verlust . . . | | | (4,23) | | |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 98,18 | 100,00 |

I. Glimmer nach Wernerit von *Arendal*.

III. Glimmer nach Wernerit von *Pargas*.

Beide waren grünlichweifs und veränderten nicht ihren Glanz durch Glühen; sie wurden aber silberweifs. Sie brausten sehr stark mit verdünnter Salzsäure, und enthielten daher

das Zersetzungsproduct des Wernerit, den kohlensauren Kalk (B. II. S. 408).

Die salzsaure Auflösung von I enthielt stark eisenhaltige Thonerde, viel Kalk und etwas Magnesia. Nochmals 2 Stunden lang mit concentrirter Salzsäure digerirt, wurde nur noch etwas eisenhaltige Thonerde, aber weder Kalk noch Magnesia ausgezogen. Schwefelsäure extrahirte nach längerem Digeriren nur 3,19 Proc. eisenhaltige Thonerde und 0,42 Magnesia. Der Rückstand schlofs sich sehr schwierig in Flufssäure auf; diese zog keinen Kalk und nur eine Spur von Magnesia aus.

Die salzsaure Auflösung von II enthielt Thonerde ohne merklichen Eisengehalt, viel Kalk und eine Spur Magnesia. Durch zweistündiges Digeriren mit concentrirter Salzsäure wurden noch eisenhaltige Thonerde, Kalk und etwas Magnesia extrahirt. Schwefelsäure schlofs diesen Glimmer vollständig auf. Der Rückstand, silberweifse Blättchen, mit Flufssäure behandelt, liefs sehr wenig unaufgelöst.

Der mit Wernerit verwachsene Kalkspath von *Pargas*, der an einer Stelle eine kleine Glimmertafel enthielt, löste sich in verdünnter Salzsäure nicht ganz auf. Der Rückstand schien Wernerit mit einigen Glimmerblättchen zu sein. Der durch Digeriren mit Salzsäure aufgeschlossene Wernerit enthielt Spuren von Magnesia.

III. Wernerit von *Arendal* nach Wolff (S. 401).

IV. Wernerit von *Pargas* nach demselben.

V. Wernerit von *Pargas* nach Hartwall *).

I mit II zeigt eine sehr nahe Uebereinstimmung. Dem bedeutenden Kieselsäuregehalt im Glimmer entspricht ein eben so bedeutender im Wernerit. Da in jenem die Kieselsäure aus dem Verluste bestimmt wurde: so wird sie sich vermindern, wenn Fluor vorhanden sein sollte, wodurch sie der Menge im Wernerit noch näher kommen würde. Die Ansicht, dafs dieser Wernerit in der Umwandlung in Glimmer begriffen war, gewinnt sehr an Wahrscheinlichkeit. Die Kalkerde ist bis auf eine geringe Menge verschwunden. Träte

*) Berzelius Jahresb. IV. S. 155.

auch noch dieser Rest aus der Mischung und würde das Natron in den aus dem Verluste bestimmten Alkalien durch Kali gröfstentheils verdrängt: so würde die Zusammensetzung des Glimmers I vollkommen erreicht werden.

Im Wernerit V findet sich nahe die Zusammensetzung des Glimmers III, wenn man sich die Kalkerde durch Magnesia und das Natron durch Kali vertauscht denkt. In diesem Wernerit ist auch die Thonerde bis auf ihr Minimum (25,41) herabgekommen, welches zeigt, dafs in ihm Zersetzungsprocesse von Statten gehen, wodurch diese von 35 Proc. bis zu diesem Betrage herabsinken kann. Nach den Analysen der beiden pseudomorphen Glimmer I und III mufs sich aber im Wernerit die Thonerde so weit vermindern, wenn eine Umwandlung in Glimmer möglich werden soll.

Es ist nicht schwer, jene Zersetzungsprocesse zu entziffern. Durchläuft man die sämmtlichen (20 und einige) Analysen von Werneriten: so sieht man, wie mit Abnahme der Thonerde eine Zunahme von Natron verknüpft ist, und wie da, wo die Thonerde ihr Maximum erreicht, das Natron fehlt. Schon die Vergleichung von V mit IV, zweier Wernerite von gleichem Vorkommen mit dem pseudomorphen Glimmer, zeigt diefs, und auch, dafs die Mischung von V der von III näher kommt, als die von IV. Endlich nähert sich auch ein von Svanberg analysirter Glimmer *), gleichfalls von demselben Vorkommen, ziemlich jenem pseudomorphen Glimmer und damit jenen Werneriten. Alle diese Verhältnisse zeigen allmälige Uebergänge an.

Es ist interessant zu sehen, wie der Wernerit bei seiner Umwandlung zwei verschiedene Richtungen nehmen und Kali- oder Magnesiaglimmer geben kann. Dafs bei der Umwandlung des Wernerit in den Magnesiaglimmer III Magnesiacarbonat haltende Gewässer das Kalksilicat in Magnesiasilicat zersetzten, während sich der kohlensaure Kalk als Kalkspath ausschied, kann nicht zweifelhaft sein. Bei der Umwandlung des Wernerit in den Kaliglimmer I waren die Gewässer entweder ganz frei von Magnesia, oder sie setzten nur die angegebene geringe Menge ab; in jenem Falle würde

*) Berzelius Jahresbericht. XX. S. 234.

diese Erde schon im Wernerit vorhanden gewesen sein. Dessen Kalksilicat wurde jeden Falls gröfstentheils durch kohlensaure Gewässer zersetzt. Die von diesem Silicat herrührende Kieselsäure scheint aber zurückgeblieben zu sein und den hohen Kieselsäuregehalt herbeigeführt zu haben.

Der tombackbraune oder bräunlichgrünliche Glimmer nach Kalkepidot (S. 416) ist wohl Magnesiaglimmer, der weifse nach Vesuvian (S. 507) Kaliglimmer. Analysen müssen weitere Aufklärung geben.

Dafs auch Augit und Hornblende Alkalien aufnehmen können, haben wir (S. 564, 849 und 1419) gesehen. Augit- und Hornblendegesteine enthalten fast nur schwarzen, schwarzgrauen, grünen und tombackbraunen Magnesiaglimmer; nur selten (S. 1417) erscheinen kleine weifse Glimmerblättchen. Hier geht also bei der Umwandlung die ursprünglich vorhandene Magnesia in die Mischung des Glimmers ein.

4) Mineralien, welche nur kieselsaure Thonerde enthalten. Dahin gehören Andalusit (S. 363), Cyanit (S. 1426) und wahrscheinlich auch Chiastolith (S. 364), welche daher bei ihrer Umwandlung in Glimmer alle übrigen Silicate aufnehmen müssen.

Zwei pseudomorphe Glimmer nach Andalusit von verschiedenen Fundorten enthielten folgende Bestandtheile:

| | I | II |
|---|---|---|
| Kieselsäure . . . | 59,01 | |
| Thonerde . . . . | 26,56 | 35,33 (Thonerde + Eisenoxyd) |
| Eisenoxyd . . . . | 6,63 | |
| Magnesia . . . . | 3,64 | 0,15 |
| Alkalien und Verlust | 4,16 | |
| Glühverlust . . . . | — | 2,40 |
| | 100,00 | |

Das Material war zu gering für eine vollständige Analyse. Schwefelsäure extrahirte aus II 15 Proc. Thonerde und Eisenoxyd und die Magnesia; der Rest wurde mit Flufssäure aufgeschlossen. Thonerde und Eisenoxyd stimmen in beiden

pseudomorphen Glimmern ziemlich mit einander. Der Kieselsäuregehalt ist auch hier ungewöhnlich hoch.

Aus dem Andalusit (Bd. II. S. 357) müssten 41,6 Proc. Thonerde ausgeschieden werden, um die Zusammensetzung I zu erhalten (S. 260); Eisenoxyd, Magnesia und Alkalien, welche dagegen aufgenommen wurden, betragen aber nur ungefähr 14,43 Proc. Bei der Umwandlung des Andalusit in Glimmer würde sich daher die Masse oder das Volumen um 27,17 Proc. vermindern, da die specif. Gewichte beider Mineralien nahe dieselben sind. In dem S. 363 erwähnten Andalusitkrystall von 1½ Zoll Länge, welchen ich vor kurzem in Blum's Sammlung sah, erfüllt jedoch der Glimmer, wie sich diefs deutlich auf der Bruchfläche zeigt, so ganz den Krystall, dafs ein so bedeutender Verlust unmöglich stattgefunden haben kann. Wahrscheinlich schied sich daher nur ein Theil der Thonerde aus, und Kieselsäure ging in die Mischung ein, indem Eisenoxyd, Magnesia und Alkalien als Silicate aufgenommen wurden.

Die Umwandlung des Andalusit in Glimmer setzt demnach wie die des Turmalin und des Wernerit eine theilweise Ausscheidung von Thonerde voraus. In den beiden letzten Fällen ist diese Ausscheidung entschieden, im ersten ist sie blofs wahrscheinlich; aber jene Analogie erhöht diese Wahrscheinlichkeit. Die Thatsache, dafs bei den Werneriten mit abnehmender Thonerde das Natron zunimmt (S. 1435), läfst auf einen Austausch zwischen einem Theil der Thonerde in diesen Mineralien und den Alkalien in den damit in Berührung kommenden Gewässern schliefsen.

Was von der Umwandlung des Andalusit gilt, hat auch Bezug auf die Umwandlung des Cyanit in Glimmer. Da der Cyanit noch mehr Thonerde, als der Andalusit enthält: so mufs bei letzterer Umwandlung noch mehr Thonerde, als bei ersterer ausgeschieden werden.

Dr. K. List, welcher die Resultate seiner chemischen Analysen der *Taunus*-Schiefer u. s. w. mir gefälligst mittheilte, fand, dafs die gefleckten unter diesen Schiefern, welche unzweifelhafte Spuren anfangender Zersetzung zeigen, im letzten Stadium derselben, mit theilweisem Verluste der Basen, ein weifses bröckliches Gestein geben. Die Thonerde geht dadurch von

13,77 Proc. auf 6,00 und das Natron von 3,13 auf 0,2 herab, während die Kieselsäure von 71 auf 89,17 Proc. steigt *). Dafs wirklich bei der Zersetzung jener gefleckten Schiefer Thonerde frei wird, zeigt sich beim Kochen derselben mit einer Lösung von kohlensaurem Natron; denn dieses löst Thonerde auf **). Selbst durch Digeriren jener Schiefer mit Wasser erhält man eine alkalische Flüssigkeit mit Spuren von Thonerde. List ist der gewifs richtigen Ansicht, dafs das kohlensaure und kieselsaure Natron, welches von den kohlensäurehaltigen Tagewassern aus der Feldspathmasse der oberen Schiefer-Schichten aufgenommen wird, in den tiefern Schichten nur die Thonerde dieser Masse angreift; denn Natronverbindungen können nicht auf einander wirken.

Derselbe Procefs ging wahrscheinlich in jenem Feldspath neben pseudomorphen Glimmer nach Feldspath (S. 1432) von Statten. Kohlensaure Alkalien, welche von den Tagewassern aus dem Feldspath in den höheren Lagen des Granit aufgenommen wurden, entzogen dem Feldspath in den tieferen Lagen einen Theil seiner Thonerde und führten sie benachbartem Feldspath zu.

Solche merkwürdige Vorgänge in dem Spiele der chemischen Verwandtschaften, wodurch die Bestandtheile in den Gebirgsgesteinen ihren Ort verändern, wird man gewifs noch viele kennen lernen, wenn durch chemische Analysen die Umwandlungs- und Verdrängungsprocesse immer mehr aufgeklärt werden.

---

*) Diese Zersetzung der Schiefer ist ein der Kaolinbildung (Bd. I. S. 818.) ganz entgegengesetzter Procefs; denn hier nimmt die Kieselsäure ab und die Thonerde zu, während dort umgekehrt die Kieselsäure zu- und die Thonerde abnimmt. Es zeigt diefs recht entschieden, was schon so oft berührt wurde, dafs die Veränderungen der Gesteine in den tiefern Lagen ganz anders, als in den höheren, dem unmittelbaren Einflusse der Atmosphärilien ausgesetzten erfolgen. Hier ist es eine Verwitterung unter diesem Einflusse, dort eine gegenseitige Wirkung durch Austausch zwischen den Bestandtheilen des Gesteins und denen der Gewässer.

**) Die Löslichkeit der Thonerde in überschüssigem kohlensauren Alkali ist bekannt. H. Rose's ausführliches Handb. der analyt. Chemie 1851. Bd. I. S. 51.

List's Untersuchungen zeigen Analogien mit den Vorgängen bei den Umwandlungen des Turmalin, Wernerit und Andalusit in Glimmer. Auch dort tritt Thonerde aus der Mischung eines Gesteins; nur ist es kein eigentlicher Austausch, sondern die kohlensauren Alkalien lösen Thonerde auf, und die Gewässer führen sie fort. Wohl mögen indefs auch bei jenen Umwandlungen die kohlensauren Alkalien in den Gewässern es sein, welche die Thonerde fortführen, während die kieselsauren Alkalien zum Absatze kommen.

## Glimmerhaltige Gebirgsarten.

Bd. I. S. 335 und S. 850 wurden die Glimmerblättchen in sedimentären Formationen für Umwandlungsproducte auf nassem Wege erklärt. Das überaus feine Korn des Thonschiefers setzt voraus, dafs nur die feinsten Stäubchen zerstörter Gebirgsarten von den Flüssen dem Meere zugeführt wurden, wie sie noch jetzt ihm zugeführt werden. Wie hätten mit solchen Stäubchen tausend Mal so grofse und noch gröfsere Glimmerblättchen von den Gewässern getragen und hunderte von Meilen weit fortgeführt werden können, ohne sich auf so langen Wegen und lange vorher abgesetzt zu haben, ehe die Gewässer in das Meer gekommen wären?

In dem gelben Thon, der in ganz *Dänemark* so ungemein häufig ist, und der, nach Forchhammer *), nichts als Granit ist, dessen Feldspath sich in Kaolin verwandelt, und dessen Quarz den Sand des Thons geliefert hat, findet sich der nicht zersetzte Glimmer keineswegs in Blättchen, sondern als ein mechanisch nicht abscheidbares Pulver. Die Absätze des *Rheins* im Delta des *Bodensee's* fand ich sehr reich an silberweifsen Glimmerblättchen; aber selbst die gröfsten unter ihnen sind nicht gröfser als $\frac{1}{10}$ Linie. Der Lauf des *Rheins* und seiner Arme bis zum *Bodensee* beträgt noch nicht 20 Meilen, und doch wird bis dahin der Glimmer schon zu so kleinen Blättchen zermalmt. Wie nun erst, wenn der Lauf der Flüsse bis in das Meer hunderte von Meilen lang ist? — Die ungleich gröfseren Glimmerblättchen in manchen Thon-

---

*) Poggend. Annal. Bd. XXXV. S. 355.

schiefer-Varietäten sind daher gewiſs nicht dem Meere von Flüssen zugeführt worden.

Naumann *) bemerkt, daſs man kleine Splitter von Thonschiefer nur unter dem Mikroskop zu betrachten brauche, um sich zu überzeugen, daſs er sehr vorwaltend aus lauter glimmerähnlichen Lamellen zusammengesetzt ist.

Sauvage (Bd. II. S. 1005) erhielt, bei Behandlung eines durch Seide gesiebten Thonschiefer-Pulvers, aus den *Ardennen*, mit Salzsäure, einen weiſsen Rückstand, der im Wasser schwimmend aus Blättchen zu bestehen schien, welche das Licht reflectirten, ohne aber das Ansehen von Glimmer zu haben. Dieser durch Schwefelsäure aufgeschlossene Rückstand hatte in drei Thonschiefern folgende Zusammensetzung:

| | I. | | II. | | III. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Deville | Sauerst. | Rimogne | Sauerst. | Monthermé | Sauerst. |
| Kieselsäure | 45,91 | 23,85 | 44,59 | 23,17 | 49,60 | 25,77 |
| Thonerde . | 36,96 | 17,26 | 36,66 | 17,12 | 42,29 | 19,75 |
| Eisenoxydul | 6,48 | 2,15 **) | 5,74 | 1,91 **) | — | |
| Kalkerde . | — | | 1,66 | 0,47 | 1,72 | 0,49 |
| Magnesia . | 4,89 | 1,91 | 4,31 | 1,69 | 0,68 | 0,27 |
| Kali . . . | 5,76 | 0,98 | 4,74 | 0,80 | 3,56 | 9,60 |
| Natron . . | — | | 2,30 | 0,59 | 2,15 | 0,55 |
| | 100,00 | | 100,00 | | 100,00 | |
| Betrag im Thonschiefer | 43,34 | | 42,66 | | 45,49 Proc. | |

I und II nähern sich in ihrer Zusammensetzung mehr oder weniger dem Kaliglimmer von *Utö*, *Fahlun*, *Kimito* und *Ochotzk*, nach H. Rose, und aus *Sibirien*, nach Klaproth, nur daſs jene glimmerartigen Gemengtheile etwas weniger Alkalien, als diese Glimmer, und dafür Magnesia enthalten. III entfernt sich von der Glimmermischung durch die gänzliche Abwesenheit von Eisenoxydul.

---

*) Lehrb. d. Geognosie. Bd. I. S. 558.

**) Um diese durch Schwefelsäure aufschlieſsbaren Gemengtheile der Thonschiefer mit den unten folgenden Glimmerschiefern vergleichen zu können, wurde der Sauerstoff für Eisenoxyd bestimmt.

Die mikroskopisch kleinen Glimmer- oder glimmerartigen Blättchen im Thonschiefer scheinen wohl grofsentheils zermalmter Glimmer zu sein, obwohl stets schwierig zu entscheiden bleibt, was ein ursprüngliches Sediment und was ein Product der nie ruhenden metamorphischen Processe ist. Die Glimmerblättchen von mefsbarer Gröfse, welche den Thonschiefer dem Glimmerschiefer ähnlich machen, sind aber unzweifelhaft durch diese Processe entstanden.

Nach List *) enthält der *Taunus*-Schiefer ein grünliches Mineral, welches er des seidenartigen Glanzes wegen Sericit nennt, und das so zusammengesetzt ist, dafs daraus nach Abscheidung eines grofsen Antheils Kieselsäure Glimmer werden könnte. Man kann es daher wohl den glimmerartigen Gemengtheilen in den Schiefern der *Ardennen* anreihen.

Aus den so häufig vorkommenden, so allmälig und stetig zu verfolgenden Uebergängen des Thonschiefers in Glimmerschiefer schliefst Naumann, dafs sehr viele Thonschiefer eine dem Glimmerschiefer analoge Zusammensetzung haben werden, und dafs letzterer nichts anders, als ein zu deutlicher krystallinischer Entwicklung gelangter Thonschiefer sei. Er bezeichnet damit ganz getreu die Erscheinung, ohne sich aber darüber zu äufsern, auf welchem Wege solche Uebergänge erfolgen können **). Der Chemie liegt es ob, diesen Weg aufzusuchen und wir glauben, dafs es gelingt, ihn mit Hülfe der, aus den vielen Pseudomorphosen des Glimmers geschöpften Thatsachen zu finden.

Analysen von Thonschiefern besitzen wir bereits in genügender Zahl; die Zusammensetzung des Glimmerschiefer, oder wenigstens der darin enthaltenen Glimmer kennen wir aber gar nicht.

---

*) Jahrb. des Vereins f. Naturkunde im Herzogthum Nassau. H. VI. S. 131.

**) Die häufigen Uebergänge in Gneifs lassen Naumann (a. a. O. S. 742) zwar vermuthen, dafs mancher Glimmerschiefer eine pyrogene Bildung sei; allein der in vielen Glimmerschiefern so vorwaltende Quarzgehalt scheint diese Vermuthung zurückzuweisen. Gilt aber, fügen wir hinzu, diese Bemerkung nicht auch für den gleichfalls Quarz-haltenden Gneifs?

Ein Gemeng, wesentlich aus Glimmer und Quarz, welches meist nicht innig ist, sondern worin oft Lagen beider mit einander wechseln, zu analysiren, hat seine besonderen Schwierigkeiten, und leicht könnte man eine solche Arbeit für eine zwecklose halten. Glücklicher Weise kommt es aber, um die Zusammensetzung des Glimmerschiefers mit der des Thonschiefers zu vergleichen, hauptsächlich nur auf die Bestimmung der Basen in jenem an. Bei der Umwandlung des Thonschiefers in Glimmerschiefer geht höchst wahrscheinlich der Quarz in jenem unverändert in diesen über. So wie daher im Thonschiefer der Quarz im innigen Gemenge mit der Thonschiefermasse ist: so wird er im umgewandelten Gesteine gleichfalls im innigen Gemenge mit dem Glimmer sein. Der lagenweise im Glimmerschiefer vorkommende Quarz kann aber nicht der ursprünglich im Thonschiefer vorhanden gewesene sein. Ein solcher Quarz kann nur von ähnlicher Entstehung, wie der in Gängen und Adern des Thonschiefers: d. h. ein Zersetzungsproduct von Silicaten sein. Ein solches Vorkommen setzt also voraus, dafs, neben der Umwandlung der Thonschiefermasse in Glimmer, Zersetzungen eines andern Antheils derselben von Statten gingen, wodurch Kieselsäure ausgeschieden wurde.

Wäre eine vollständige mechanische Sonderung des Quarz im Glimmerschiefer möglich: so würde die Analyse des Glimmers für sich die brauchbarsten Resultate liefern. Bei manchen Glimmerschiefern, in denen sich der Glimmer zwischen den Fingern zertheilen läfst, kommt man einer solchen vollständigen Sonderung ziemlich nahe, und die durch die Analyse gefundene Kieselsäure ist dann fast nur die des Glimmers. Bei andern Glimmerschiefern, welche sich nicht so zertheilen lassen, mengt sich aber mehr oder weniger Quarz bei, was man auch beim Zerreiben in der Chalcedonschale bemerkt. Andere beigemengte Mineralien, wie Granat u. s. w., wurden sorgfältigst abgesondert.

Nachdem der Glimmerschiefer in der Siedhitze des Wassers getrocknet und der Glühverlust bestimmt worden, wurde er 24 Stunden lang mit Schwefelsäure digerirt, und der Rest mit Flufssäure behandelt. Dieser Umweg wurde eingeschlagen, um die Natur des Glimmers und die relativen

Verhältnisse der durch beide Säuren ausgezogenen Basen kennen zu lernen. Das, was die Schwefelsäure auszog, ist mit *a*, das von der Flufssäure Extrahirte mit *b*, und das Ganze mit *c* bezeichnet. Im schwefelsaüren Auszuge fand sich stets Eisenoxydul und, wenn man berücksichtigt, dafs während des langen Digerirens mit Schwefelsäure mehr oder weniger das Oxydul zu Oxyd werden mufste, wohl immer in gröfserer Menge, als Eisenoxyd. Dem Zwecke dieser Untersuchungen lag die Bestimmung der relativen Mengen des Oxydul und des Oxyd, die ohnehin mit grofsen Schwierigkeiten verbunden ist, fremd. Daher wurde das Eisen als Oxyd berechnet. Auf die Bestimmung des Mangans und des Fluor, welche wohl meist vorhanden sein mögen, wurde keine Rücksicht genommen; denn es handelte sich überhaupt nur darum zu ermitteln, welchen sedimentären Gesteinen die Zusammensetzung der Glimmerschiefer am nächsten kommt. Das Eisenoxyd schliefst also den Mangangehalt ein, und ein Theil des Fluor findet sich im Glühverlust, wenn beide vorhanden sind. Die Kieselsäure blieb gewöhnlich als körnige, nicht gelatinirende Masse zurück, welche aber mehr oder weniger silberweifse, glänzende Blättchen enthielt. Beim Glühen wurden diese manchmal blafsgelblich und verloren ihren Glanz.

I. Bleigrauer Glimmerschiefer aus dem *Zillerthal*, nach Bischof.

| | c | Sauerst. |
|---|---|---|
| Kieselsäure . | 55,15 *) | 28,66 |
| Thonerde . . | 12,56 | 5,87 |
| Eisenoxyd . . | 16,94 | 5,08 |
| Kalkerde . . | **) | |
| Magnesia . . | 10,99 | 4,32 |
| Kali . . . . . | 2,16 | 0,37 |
| Natron . . . | 1,24 | 0,32 |
| Glühverlust . . | 2,13 | |
| | 101,17***) | |

*) Andere Stücke gaben 45,54 und 41,02 Proc. Kieselsäure: zum Beweise, dafs das Obige gewifs eine sehr merkliche Menge Quarz enthielt.

Bei der ersten Analyse dieses Glimmerschiefers blieben, nach Behandeln mit Schwefelsäure, 5,1 Proc. Quarz, Kieselsäure und silberweifse Blättchen zurück. Aus diesem Rückstande zog aber Flufssäure nur 3,4 Proc. eisenhaltige Thonerde, Kalkerde und Alkalien aus. Die bedeutende Menge Magnesia liefs vermuthen, dafs dieser Glimmerschiefer durch Schwefelsäure vollkommen aufgeschlossen werden würde. Diefs gelang auch durch fünftägiges Digeriren mit dieser Säure. Die obigen Resultate wurden durch dieses Aufschliefsen erhalten.

II. Glimmerschiefer von *Libethen* in *Ungarn* nach Bischof. Läfst sich in ziemlich dünne Blättchen zertheilen, und wird von Quarzlagen durchzogen.

| | *a* | *b* | *c* | Sauerst. |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . | | | 52,01 | 27,02 |
| Thonerde . . . | 9,36 | 4,28 | 13,64 | 6,37 |
| Eisenoxyd . . | 14,08 | 5,64 | 19,72 | 5,91 |
| Kalkerde . . . | 0,67 | | 0,67 | 0,19 |
| Magnesia . . . | 3,61 | 1,81 | 5,42 | 2,13 |
| Kali . . . . | 1,98 | 3,57 | 5,55 | 0,94 |
| Natron . . . | 0,10 | 0,45 | 0,55 | 0,14 |
| Glühverlust . . | | | 2,49 | |
| | 29,80 | 15,75 | 100,05 | |

Der nicht unbeträchtliche Magnesiagehalt liefs gleichfalls vermuthen, dafs dieser Glimmerschiefer durch Schwefelsäure vollständig aufgeschlossen werden würde. Eine neue Menge wurde, nach vorhergegangenem Abgiefsen der sauren Flüssigkeit und Auswaschen des Rückstandes, wiederholt mit Schwefelsäure digerirt. Es wurden ausgezogen durch das

---

**) Ein anderes Stück zeigte Spuren von Kalk.

***) Diese Summe sinkt auf 99,49 Proc. herab, wenn das Eisen als Oxyd vorhanden ist.

| | erste | zweite u. dritte | vierte Digeriren | durch Flufssäure |
|---|---|---|---|---|
| Thonerde } Eisenoxyd } | 23,12 | 2,71 | Spuren | 1,24 |
| Kali | | | | 0,34 |
| Natron | | | | 0,03 |
| | | | | 1,61 |

Die Extraction der Basen wird daher immer schwieriger, je mehr die Kieselsäure relativ zunimmt. Das, was die Flufssäure ausgezogen hatte, würde gewifs nur sehr schwierig und erst nach längerem Digeriren von Schwefelsäure ausgezogen worden sein.

III. Glimmerschiefer mit Granaten von *Bräunsdorf* in *Sachsen*, nach Kjerulf.

| | *a* | *b* | *c* | Sauerst. |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure | | | 48,72 | 25,31 |
| Thonerde . . | 16,02 | 5,78 | 21,80 | 10,19 |
| Eisenoxyd . . | 11,35 | 4,17 | 15,52 | 4,65 |
| Magnesia . . | 1,22 | 0,06 | 1,28 | 0,50 |
| Kali . . . . . | 2,32 | 2,14 | 4,46 | 0,76 |
| Natron . . . | 0,80 | 1,43 | 2,23 | 0,57 |
| Glühverlust . . | | | 5,26 | |
| | 31,71 | 13,58 | 99,27 | |

IV. Glimmerschiefer mit Granaten von *Orawitza* im *Bannat*, nach Kjerulf.

| | *a* | *b* | *c* | Sauerst. |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure | | | 50,88 | 26,44 |
| Thonerde . . | 23,58 | 3,11 | 26,69 | 12,46 |
| Eisenoxyd . . | 7,47 | 1,01 | 8,48 | 2,54 |
| Magnesia . . | 1,01 | 0,18 | 1,19 | 0,47 |
| Kali . . . . | 3,48 | 1,04 | 4,52 | 0,77 |
| Natron . . . | 1,56 | 1,16 | 2,72 | 0,70 |
| Glühverlust . . | | | 4,19 | |
| | 37,10 | 6,50 | 98,67 | |

V. Glimmerschiefer von *Tagilsk* im *Ural*, nach Kjerulf. Der Quarz konnte nicht ganz abgesondert werden.

| | *a* | *b* | *c* | Sauerst. |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . | | | 56,99 | 29,61 |
| Thonerde . . | 17,86 | 1,12 | 18,98 | 8,86 |
| Eisenoxyd . . | 8,49 | 0,53 | 9,02 | 2,70 |
| Kalkerde *) . . | 4,90 | — | 4,90 | 1,39 |
| Magnesia . . | 0,66 | 0,09 | 0,75 | 0,29 |
| Kali . . . . | 2,12 | 0,87 | 3,00 | 0,51 |
| Natron . . . | 1,50 | 1,09 | 2,59 | 0,66 |
| Unreine Titansäure | | | 0,91 | |
| Glühverlust . . | | | 2,48 | |
| | 35,53 | 3,70 | 99,62 | |

VI. Silberweifser, in's Grünliche und schmutzig Gelbe übergehender Glimmerschiefer mit Granaten von *Arlberg* in *Tyrol*, nach Bischof. Er blättert sich unter dem Hammer leicht zu dünnen Blättchen, mit Ausnahme schwärzlichgrüner harter Knoten, welche zu Pulver zerfallen **). Zwischen den Glimmerlagen ist kein Quarz wahrzunehmen.

*) Auf meinen Wunsch wiederholte Kjerulf, welcher vorstehende Analysen in meinem Laboratorium mit grofser Sorgfalt ausführte, diese Bestimmung und diefsmal durch Aufschliefsen mit kohlensaurem Kali. Er erhielt 5,53 Kalkerde, 56,02 Kieselsäure, 26,97 Thonerde und Eisenoxyd. Der bedeutende Kalkgehalt hatte sich also bestätigt. Da man bis jetzt in keinem Glimmer eine solche Menge Kalkerde gefunden hat: so rührt dieselbe vielleicht von einem anderen in Schwefelsäure aufschliefsbaren Mineral her. Unter der Lupe kann man jedoch nichts Fremdartiges erkennen.

**) Sollten diese Knoten unveränderter Schiefer oder unvollkommen ausgebildete Granaten sein?

| | a | b | c | Sauerst. |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . | | | 58,37 | 30,32 |
| Thonerde . . | 10,67 | 8,36 | 19,03 | 8,89 |
| Eisenoxyd . . | 8,55 | 4,74 | 13,29 | 3,98 |
| Kalkerde . . | Spur | | Spur | |
| Magnesia . . | 0,27 | Spur | 0,27 | 0,11 |
| Kali . . . . | 0,88 | 2,08 | 2,96 | 0,50 |
| Natron . . . | 0,55 | 0,72 | 1,27 | 0,32 |
| Glühverlust . . | | | 4,81 | |
| | 20,92 | 15,90 | 100,00 | |

VII. Glimmerschiefer von *Innspruck* nach demselben. Läſst sich nicht in dünne Blättchen zertheilen, weil er sehr fein quarzig ist. Brauste stark mit Schwefelsäure.

| | a | b | c | Sauerst. |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . | | | 81,49 | 42,34 |
| Thonerde . . | 1,35 | 4,68 | 6,03 | 2,82 |
| Eisenoxyd . . | 5,50 | eisenhalt. | 5,50 | 1,65 |
| Kalkerde . . . . | 0,63 | — | 0,63 | 0,18 |
| Magnesia . . | 1,05 | Spur | 1,05 | 0,41 |
| Kali . . . . | 0,09 | 0,74 | 0,83 | 0,14 |
| Natron . . . . | 0,09 | 1,08 | 1,17 | 0,30 |
| Glühverlust . . | | | 2,89 | |
| | 8,71 | 6,50 | 99,59 | |

VIII. Glimmerschiefriges Gestein von *Ober-Schmottseifen* (Bd. II. S. 1000. III), nach Extraction der kohlensauren Kalkerde durch sehr verdünnte Salzsäure, nach demselben.

| | |
|---|---|
| Kieselsäure . . . . . . . | 51,82 |
| Thonerde . . . . . . . | 15,60 |
| Eisenoxyd . . . . . . . | 18,79 |
| Kalkerde . . . . . . . | 3,66 |
| Magnesia . . . . . . . | 1,77 |
| Alkalien u. s. w. aus dem Verluste bestimmt | 8,36 |
| | 100,00 |

Aus vorstehenden Analysen ergeben sich folgende Resultate.

1) Schwefelsäure extrahirt um so mehr Basen, je mehr die Magnesia beträgt. Aus I extrahirte sie alle Basen, aus II fast alle; in beiden Glimmerschiefern ist aber auch der Magnesiagehalt am gröfsten. In den übrigen nimmt die Menge der ausgezogenen Basen ziemlich nahe mit der Menge der Magnesia ab.

2) Thonerde, Eisenoxydul und Magnesia werden stets in viel gröfserer Menge von der Schwefelsäure extrahirt, als die Alkalien. Diese Säure zersetzt also die alkalischen Silicate viel schwieriger als die Silicate der Thonerde, des Eisenoxydul und der Magnesia.

Diefs stimmt damit überein, dafs der reine Kaliglimmer überhaupt nicht von Schwefelsäure und selbst von Flufssäure nur sehr schwierig zersetzt wird. Dem Magnesiasilicat ist demnach nicht nur nicht die schwierige Zersetzbarkeit des Glimmers zuzuschreiben (S. 1375), sondern dieses Silicat befördert die Zersetzung desselben um so mehr, je mehr es beträgt. Jene schwierige Zersetzbarkeit scheint vorzugsweise von den alkalischen Silicaten herzurühren, und defshalb wird der reine Kaliglimmer unter allen Glimmerarten am schwierigsten zersetzt.

Verliert Magnesiaglimmer seine Magnesia ganz oder gröfstentheils und mehr oder weniger von seinem Eisenoxydul: so wandelt er sich in Kaliglimmer um, und dadurch nimmt seine Zersetzbarkeit in hohem Grade ab. Eine solche Umwandlung scheint bei der Behandlung eines Magnesiaglimmers mit Schwefelsäure wirklich stattzufinden. Man hat guten Grund zu vermuthen, dafs die silberweifsen, glänzenden Blättchen, welche die Glimmerschiefer oder die magnesiahaltigen Glimmer zurücklassen, wenn sie mit Schwefelsäure behandelt werden, nichts anders sind als Kaliglimmer, der durch theilweise Zersetzung des Magnesiaglimmers entstanden ist. Im Rückstande des Glimmerschiefers II, nach viermaligem Digeriren mit Schwefelsäure, finden sich in der That die Alkalien und die eisenhaltige Thonerde nahe in demselben Verhältnisse, wie im Kaliglimmer. In den übrigen Glimmerschie-

fern dagegen hatte die Schwefelsäure von der Thonerde und vom Eisenoxydul, im Verhältnisse zu den Alkalien, schon zu viel ausgezogen; die Rückstände *b* enthalten daher letztere in gröſserer Menge im Verhältnisse zu ersteren, als irgend ein bis jetzt analysirter Glimmer. Im Mineralreiche, wo nicht die starke Schwefelsäure, sondern nur die schwache Kohlensäure das Zersetzungsmittel ist, können daher die zur Ausscheidung kommenden Basen nicht in so groſser Menge, wie auf künstlichem Wege ausgeschieden werden. Der Zersetzungsproceſs hört auf, wenn die Magnesia gänzlich und das Eisenoxydul groſsentheils aus der Mischung getreten ist. Da die Thonerde im Kaliglimmer stets in gröſserer Menge als im Magnesiaglimmer enthalten ist: so kommt von ihr nichts zur Ausscheidung, welches auch damit übereinstimmt, daſs diese Erde nicht durch Kohlensäure extrahirt werden kann. Die Ausscheidung von Basen aus Magnesiaglimmer führt eine relative Zunahme der Kieselsäure herbei, und wirklich findet diese sich stets in gröſserer Menge im Kali- als im Magnesiaglimmer.

Die Möglichkeit begreifen wir demnach, wie aus Magnesiaglimmer Kaliglimmer werden kann. Eine solche Umwandlung im Mineralreiche würde als Resultat einer auch noch auf den Magnesiaglimmer ausgedehnten Reaction der Atmosphärilien erscheinen (S. 1374). Der minder schwierig zersetzbare Magnesiaglimmer würde in den viel schwieriger zersetzbaren Kaliglimmer übergehen. Concentrirte sich aber das Ausgeschiedene an gewissen Stellen: so konnte durch Aufnahme von Magnesia- und Eisenoxydulsilicat der Kaliglimmer in Magnesiaglimmer übergehen; denn dieser kann als eine Verbindung des Kaliglimmers mit diesen Silicaten betrachtet werden. Beide Glimmerarten können indeſs auch gleichzeitige, aus demselben Material entstandene Bildungen sein, indem sich hier die Bestandtheile des Kaliglimmers, dort die des Magnesiaglimmers gruppirten und solche Verwachsungen hervorbrachten, wie wir sie finden (S. 1390 ff.).

In Tausenden von bunten Sandstein-Brocken, welche ich während eines zweiwöchentlichen Aufenthalts in den Umgebungen von *Michelstadt* im *Odenwald* zu zerschlagen Gelegenheit nahm, fand ich, neben vielen weiſsen Glimmerblätt-

chen, äufserst selten einzelne schwarze oder dunkelgrüne. Haben sich diese oft so zahlreichen Glimmerblättchen, dafs man den sie einschliefsenden bunten Sandstein für einen quarzreichen Glimmerschiefer halten könnte, gleichzeitig mit dem Quarzsande abgesetzt, wie es die herrschende Ansicht ist: so mufs es befremden, warum fast nur weifse Glimmerblättchen vorkommen. Vergebens sieht man sich nach einem krystallinischen Gesteine um, welches fast nur diesen Glimmer enthält; denn selbst die zur Granitgruppe gehörenden Gebirgsarten enthalten schwarzen Glimmer neben weifsem (S. 1388). Sollten daher die Glimmerblättchen im bunten Sandstein von zerstörten krystallinischen Gesteinen herrühren: so könnten schwarze Glimmerblättchen keine so seltene Erscheinung sein. Sollten sie spätere Bildungen sein: so würde das seltene Vorkommen der schwarzen Blättchen, da das Material zu ihrer Bildung nicht gefehlt haben möchte, gleichfalls räthselhaft sein. Die weniger schwierige Zersetzung des Magnesiaglimmes, so wie die Möglichkeit einer Umwandlung desselben in Kaliglimmer dürfte, man mag diese oder jene Ansicht haben, das so sehr vorherrschende Auftreten des letzteren erklären.

Der S. 1386 unaufgeklärt gebliebene Zusammenhang zwischen den optischen, krystallinischen und chemischen Eigenschaften der Glimmerarten ist durch die Untersuchungen in diesem Kapitel seiner Lösung näher gerückt; denn es ist ohne Ausnahme der gröfsere oder geringere Magnesiagehalt, welcher die weniger oder mehr schwierige Zersetzung der Glimmerarten durch Säuren bedingt. Ist nun Magnesiaglimmer durchweg einaxig: so besteht allerdings jener Zusammenhang. Weiteren Untersuchungen bleibt es indefs vorbehalten, ob selbst ein sehr geringer Magnesiagehalt, der schon eine, wenigstens theilweise Zersetzung durch Säuren veranlafst, auch die optischen Eigenschaften verändert.

3) Eben so wenig wie in den Glimmerarten (S. 1377), stellt sich bei den Glimmerschiefern zwischen den Sauerstoffantheilen der 1 At. Sauerstoff und der 3 At. Sauerstoff haltenden Basen ein bestimmtes Verhältnifs heraus. Setzt man den Sauerstoff der ersteren = 1: so ergiebt sich der Sauerstoff der letzteren in I = 2,18; in II = 3,61; in

III = 8,11; in IV = 7,73; in V = 4,06; in VI = 13,84; in VII = 4,34 *).

Wo eine solche Veränderlichkeit in den Sauerstoffantheilen der Basen stattfindet, kann keine Gesetzmäfsigkeit gesucht werden (S. 1377). Zwischen den beiden Extremen in I u. VI können alle nur mögliche Verhältnisse gedacht werden; jedes sedimentäre Gestein, worin die Basen in einem dieser Verhältnisse stehen, kann daher durch Metamorphose einen Glimmerschiefer geben. Unter den von Frick, Pleischl, Sauvage (S. 1005) analysirten Thonschiefern sind, wenn man wieder die Sauerstoffantheile der 1 At. Sauerstoff haltenden Basen = 1 setzt, die der 3 At. Sauerstoff haltenden Basen im Thonschiefer von *Goslar* = 4,1; von *Benndorf* = 6,84; von *Lehsten* = 6,84; von *Prag* = 3,24; von *Deville* = 5,16; von *Rimogne* = 4,4; von *Monthermé* = 8,66; aus dem *Selkethal* nach Pierce **) = 6; von *Lüdenscheidt* nach von d. Mark ***) = 15,11; aus dem *Taunus* nach List †). Hier finden sich nahe dieselben Extreme in den Verhältnissen der Sauerstoffantheile, wie bei den Glimmerschiefern, und es scheint daher, als könne sich jeder Thonschiefer vollständig in Glimmerschiefer umwandeln. Der mittlere Kieselsäuregehalt jener Thonschiefer ist 64, der des Kaliglimmer 47 Proc.; jene würden daher einen Glimmerschiefer geben, der ungefähr 24 Proc. Quarz enthielte. Sauvage fand indefs im Thonschiefer von *Monthermé* 33 und in dem

---

*) Diese Berechnungen gründen sich freilich auf die falsche Annahme, dafs die ganze Menge des Eisens als Oxyd vorhanden sei. Könnten die relativen Quantitäten von Eisenoxyd und Eisenoxydul genau ermittelt werden: so würde man, da letzteres zu den 1 At. Sauerstoff haltenden Basen gehört, ganz andere Verhältnisse finden. Da indefs diese Berechnungen nicht zur Ermittelung einer chemischen Formel (S. 1377), sondern nur zur Vergleichung der Glimmerschiefer mit den Thonschiefern dienen: so compensiren sich die Fehler; denn auch in diesen wurde das Eisen als Oxyd, mithin als 3 At. Sauerstoff- haltige Base angenommen.

**) Rammelsberg's viertes Supplement S. 235.

***) Jahrb. d. Vereins f. Naturkunde im Herzogthum Nassau. H. VI. S. 129.

†) A. a. O. S. 57.

von *Deville* 44,3 Proc. Quarz. In einem solchen Thonschiefer würde daher die Kieselsäure in den Silicaten zur vollständigen Umwandlung in Glimmer nicht hinreichen; es würde ein Thonschiefer-Rest zurückbleiben, und sonach nur ein glimmerreicher Thonschiefer, wie er sich wirklich häufig findet, gebildet werden.

Die Glimmer in den obigen Glimmerschiefern sind meist sehr eisenreich, und zwar nicht blofs der eigentliche Magnesiaglimmer in I und II, sondern auch die nur sehr wenig Magnesia enthaltenden Kaliglimmer in III und VI. Durch diesen bedeutenden Eisengehalt unterscheiden sich auch diese Glimmerarten von dem in anderen Gebirgsgesteinen vorkommenden Kaliglimmer, welcher in der Regel nur wenig Eisen enthält.

Minimum und Maximum im Eisenoxydgehalte der Glimmerschiefer I bis VI vermindern sich auf 7,6 und 17,6 Proc., wenn man sie auf einen Thonschiefer von 64 Proc. reducirt: d. h. diese Quantitäten Eisenoxyd müssen in einem solchen Thonschiefer vorhanden sein, um durch Umwandlung jene Glimmerschiefer zu geben. Minimum und Maximum im Eisenoxydgehalte obiger Thonschiefer sind 4,66 und 14,67 Proc. Innerhalb dieser Grenzen fällt der Eisenoxydgehalt der Glimmerschiefer III bis VI; das Eisenoxyd in I und II beträgt aber mehr, als in irgend einem jener Thonschiefer.

Die S. 1075 angeführten Dachschiefer sind die eisenreichsten unter allen bis jetzt analysirten Thonschiefern, wenn man von dem Gehalte an Carbonaten abstrahirt. Sie können demnach durch Metamorphose die eisenreichsten Glimmerschiefer und zwar, wegen Gegenwart von kohlensaurem Kalk, Kalkglimmerschiefer (S. 1425) geben.

Minimum und Maximum im Thonerdegehalte der Glimmerschiefer I bis VI vermindern sich auf 11,42 und 23,83 Proc., wenn man sie auf einen Thonschiefer von 64 Proc. reducirt. Minimum und Maximum im Thonerdegehalte obiger Thonschiefer sind 14,89 und 24,3 Proc. Innerhalb dieser Grenzen fällt der Thonerdegehalt der Glimmerschiefer III—VI; die Thonerde in den Glimmerschiefern I und II beträgt aber weniger, als in irgend einem jener Thonschiefer. Da nun weder der Thonerde- noch der Eisenoxydgehalt dieser bei-

den Glimmerschiefer eine Bildung aus Thonschiefer zuläfst, und da auch kein einziger unter letzteren so viel Magnesia enthält, als erstere fordern: so ist es nicht wahrscheinlich, dafs Magnesiaglimmerschiefer von solcher Zusammensetzung aus Thonschiefern hervorgegangen sind, wenn nicht unter diesen noch Varietäten gefunden werden, welche von den bisher analysirten gänzlich abweichen.

Minimum und Maximum der Alkalien in den Glimmerschiefern I bis VI vermindern sich, wenn man sie auf einen Thonschiefer von 64 Procent Kieselsäure reducirt, auf 3,09 und 6,46 Proc. In obigen Thonschiefern betragen die Alkalien überhaupt weniger als in den Glimmerschiefern. Das Maximum steigt zwar im *Taunus*-Schiefer bis auf 7,87 Proc.; also höher als in den Glimmerschiefern; das Minimum sinkt aber auch bis auf 1,88 Proc. herab. Der mittlere Gehalt an Alkalien ist in den Glimmerschiefern 5,01 und in den Thonschiefern nur 3,37 Proc. Da überdiefs das Minimum der Alkalien in den Glimmerschiefern auf den Magnesiaglimmerschiefer I fällt, der überhaupt nicht aus Thonschiefer entstehen kann, und da die Alkalien in den übrigen Glimmerschiefern mehr betragen, als in den Thonschiefern, blofs mit Ausnahme des *Taunus*-Schiefers: so fehlt es wohl in den meisten Thonschiefern an der zur vollständigen Umwandlung in Glimmerschiefer nöthigen Menge Alkalien. In diesem Falle kann daher, wenn dennoch eine Metamorphose eintritt, nur ein mehr oder weniger glimmerreicher Thonschiefer entstehen.

Man sieht, dafs keineswegs jeder Thonschiefer die Bestandtheile zu einer vollständigen Umwandlung in Glimmerschiefer enthält, meist fehlt es entweder an Eisenoxyd oder an Alkalien, oder an beiden zugleich. Der *Taunus*-Schiefer ist reich an beiden Substanzen; dennoch zeigt sich nirgends ein Uebergang in Glimmerschiefer, obwohl er mehr oder weniger krystallinisches Ansehen besitzt. Albit findet sich in ihm krystallisirt in Drusenräumen; in mächtigen, feinkörnigen Ausscheidungen und in Zwillingskrystallen kommt er auch im quarzigen Schiefer der *Würzburg* u. s. w. vor *). Im

---

*) F. Sandberger in den Jahrb. d. Vereins für Naturkunde im Herzogthum Nassau. H. VI. S. 4.

*Taunus*-Schiefer, namentlich im violetten *), haben daher die metamorphischen Processe eine Richtung genommen, die nicht zum Glimmerschiefer, sondern zu einem Gemenge aus Sericit (S. 1441) und Quarz führte. Jener kommt aber den Glimmerarten in den Glimmerschiefern IV und V ziemlich nahe, indem er sich von denselben nur durch seinen gröſseren Gehalt an Alkalien unterscheidet. Würde ein Theil der alkalischen Silicate aus dem Sericit ausgeschieden, so würde er sich in jene Glimmerarten und somit in jene Glimmerschiefer umwandeln.

Thonschiefer, wie die S. 991 angeführten, haben eine dem Kaliglimmer so nahe kommende Zusammensetzung, daſs sie durch Metamorphose in einen quarzarmen Glimmerschiefer umgewandelt werden können.

Die Gegenwart alkalifreier Mineralien (Granat, Turmalin, Andalusit u. s. w.) im Glimmerschiefer zeigt, wie auch Thonschiefer, welche wenig Alkalien enthalten, in diesen umgewandelt werden können. Vor allem ist es der Granat, dieser sehr häufige Gemengtheil des Glimmerschiefers, durch dessen Ausscheidung sich die Alkalien in der Thonschiefermasse concentriren. Die im Glimmerschiefer vorkommenden analysirten Granaten sind theils Kalk- (*St. Gotthardt*), theils Eisen- (*Zillerthal, New-York*), theils Eisenkalkgranaten (im Kalkstein, der ein Lager im Glimmerschiefer vom *Lindbobruch* in *Westmanland* bildet). Die obigen Glimmerschiefer mit Granaten III, IV und VI enthalten keinen Kalk. In den Granaten findet er sich zwar, aber, wie nachfolgende Analysen zeigen, nur in sehr geringer Menge.

---

*) Nach gefälliger brieflicher Mittheilung von List.

| | in III rother Granat | in IV grüner | in VI rother |
|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . | 36,02 | 32,60 | 43,09 |
| Thonerde . . . | 18,15 | 8,99 | 19,63 |
| Eisenoxyd . . | 20,32 | 46,35 | 30,44 |
| Eisenoxydul . . | 21,98 *) | — | — |
| Manganoxyd . . | 0,31 | — | Spur |
| Kalkerde . . . | 2,20 | 2,72 | 1,35 |
| Magnesia . . . | 1,02 | 2,87 | 2,86 |
| Verlust . . . . | — | 6,47 **) | 2,63 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Diese Granaten brausten nicht mit Säuren; kochende Salzsäure zog aber etwas Eisenoxyd mit Spuren von Kalk und Magnesia aus.

Die sedimentären Gesteine, aus denen sich diese drei Glimmerschiefer gebildet haben, konnten also nicht reich an Kalkerde gewesen sein, und diefs entspricht der Vermuthung, dafs es Thonschiefer waren. In den Glimmerschiefern III und VI findet sich viel Eisen und eben so in den darin enthaltenen Granaten. Der Glimmerschiefer IV enthält zwar nur wenig Eisen, aber die in ihm eingeschlossenen Granaten sind eisenreicher, als alle bis jetzt analysirten Eisengranaten. An Eisen waren daher die sedimentären Gesteine, aus denen diese drei Glimmerschiefer hervorgegangen sind, sehr reich; denn obgleich der Glimmerschiefer IV nur wenig Eisen enthält, so sind doch die darin enthaltenen Granaten in grofser Zahl vorhanden.

Dafs selbst Kalkgranaten in einem Glimmerschiefer, der

*) Die relativen Quantitäten von Oxyd und Oxydul wurden aus dem Gewichtsüberschufs berechnet.

**) Woher dieser bedeutende Verlust rührt, etwa von Alkalien, habe ich in Ermangelung von Material nicht ermitteln können. Für den Zweck dieser Analyse ist er jedoch von keinem Einflufs.

aus Thonschiefer hervorgegangen ist, vorkommen können, ist möglich, wenn dieser nicht gar zu arm an Kalkerde ist, und wenn die Granaten nicht in zu grofser Menge vorhanden sind. Wo sich, wie am *St. Gotthardt*, im Glimmerschiefer Kalkgranaten finden, würde es von Interesse sein, aus einem grofsen Gewicht gepülverten Glimmerschiefers mit seinen Granaten eine Probe zu nehmen und darin den Kalkgehalt zu bestimmen, um zu beurtheilen, ob ein solcher Glimmerschiefer von einem Thonschiefer herrühren könne. Im Glimmerschiefer V findet sich eine so bedeutende Menge Kalkerde, dafs sich in ihm kalkreiche Granaten hätten bilden können.

Im Glimmerschiefer IV, der 8,48 Proc. Eisenoxyd enthält, finden sich Granaten, in denen das Eisenoxyd 46,35 Proc. beträgt. In dem sedimentären Gesteine, aus dem er entstanden ist, war der Eisengehalt gewifs ziemlich gleichförmig vertheilt. Es ist nicht schwierig zu begreifen, wie sich durch Wirkung der Gewässer Bestandtheile an einzelnen Puncten concentriren können. Wie erklären sich aber diefs diejenigen Geologen, welche die sedimentären Gesteine auf plutonischem Wege metamorphosiren lassen? — Ist auf diesem Wege eine solche Concentration möglich, ohne dafs die ganze Masse zum Schmelzen käme? — Wo bliebe aber dann die Schichtung?

Der Glimmerschiefer VII kann nicht aus einem Thonschiefer entstanden sein, da sein bedeutender Kieselsäuregehalt den der quarzreichsten Thonschiefer übertrifft. Wahrscheinlich hat eine quarzreiche Grauwacke dazu das Material geliefert.

Vom Auftreten der Glimmerblätter auf den Ablösungsflächen des Quarzfels, vom Zusammenhange dieses Gesteins mit Glimmerschiefer, vom Uebergange des Quarzschiefers in denselben und in Gneifs war schon oben (S. 1270 ff.) die Rede. Mögen die Glimmerblättchen sparsame Begleiter des Quarzes sein, oder mögen sie mit demselben eigentlichen Glimmerschiefer bilden, mit dem Quarz müssen sie gleiche Entstehungsart theilen.

Die Analyse von VIII unternahm ich in Ermangelung

eines Glimmerschiefers, welcher aus versteinerungsleerem Thonschiefer hervorgegangen ist (S. 976). Die Zusammensetzung des Urthonschiefers (S. 995) weicht freilich sehr von der jenes glimmerschiefrigen Gesteins ab; eine annähernde Aehnlichkeit zeigt sich indefs zwischen diesem und dem grünlichen Schiefer bei *Neuhof* (S. 993 I. B) und dem Hornblendeschiefer von *Mittel-Steine* (S. 995 IV.). Diese drei Gesteine, so wie der grüne Schiefer von *Neise-Wehr* (S. 994) reihen sich an einander und zeichnen sich durch einen vorherrschenden, die Thonerde mehr oder weniger überwiegenden Eisengehalt aus. Diese Aehnlichkeit ist von gleicher Bedeutung für Beyrich's wie für unsere Ansichten (Bd. II. S. 975 und 976); denn sie zeigt, wie sich nahe aus gleichem Material bald grüne Schiefer, bald Hornblendeschiefer, bald Glimmerschiefer bilden konnten, möge diese Bildung eine ursprüngliche oder eine metamorphische sein.

Dafs Gewässer, seien es Meerwasser oder Tagewasser, durch Zuführen und Fortführen von Bestandtheilen die Mischung des Thonschiefers sehr verändern und der des Glimmerschiefers näher bringen können, versteht sich von selbst.

Sauvage's Analysen (S. 1440) gestatten eine directe Vergleichung der glimmerähnlichen Gemengtheile der Thonschiefer mit den Glimmern der Glimmerschiefer. Beide stimmen darin überein, dafs sie von Schwefelsäure zersetzt werden. Die Sauerstoffantheile der 3 At. Sauerstoff haltenden Basen betragen in I (Deville) das 6,72-, in II das 5,36- und in III das 10,34fache von denen der 1 At. Sauerstoff haltenden Basen. Sie fallen daher innerhalb der Grenzen der in den Glimmerschiefern gefundenen Sauerstoffantheile (S. 1450). Auch die Magnesia und die Alkalien in jenen Gemengtheilen stimmen mit dem Gehalte dieser Basen in den Glimmerschiefern überein; die Thonerde und das Eisenoxyd weichen aber bedeutend ab. Jene beträgt viel mehr und diese viel weniger, als in den Glimmerschiefern. Sollten daher die glimmerähnlichen Gemengtheile in allen Thonschiefern so zusammengesetzt sein, wie in denen der *Ardennen*: so müfsten sie bei der Umwandlung in Glimmerschiefer Thonerde verlieren und dagegen Eisenoxyd aufnehmen. Da durch

den Verlust an Thonerde die übrigen Basen und mithin auch das Eisenoxyd relativ zunehmen: so würde schon dadurch die Mischung des Glimmers in den Glimmerschiefern erreicht werden. Wir kämen dann auf einen einfachen Procefs, wie er bei der Umwandlung mehrerer Mineralien in Glimmer wirklich stattfindet (S. 1437).

Die Aehnlichkeit der glimmerähnlichen Gemengtheile in den Thonschiefern mit den oben (S. 1440) aufgezählten Kaliglimmern, welche wirklich im Granit vorkommen, berechtigt zu der Vermuthung, dafs diese Gemengtheile gleichfalls vom zerstörten Granit herrühren, und durch Verlust eines Antheils Thonerde in die Glimmerarten im Glimmerschiefer übergehen. Sind es aber nur die glimmerähnlichen Gemengtheile, welche sich in diesen Glimmer umwandeln: so bleiben die durch Salzsäure aufschliefsbaren grünen Gemengtheile der Thonschiefer, welche 10 bis 30 Proc. betragen, übrig, und die in ihrer Zusammensetzung dem Chlorit und namentlich dem sogenannten Ripidolith am nächsten kommen. In diesem Falle würde blofs ein Thonschiefer, der ungefähr 40 Proc. Glimmer enthält, nicht aber ein eigentlicher Glimmerschiefer entstehen *).

Der dem Glimmer weniger ähnliche Gemengtheil in III (*Monthermé*) der sich ähnlich zusammengesetzt auch in den Schiefern von *Fumay* und *Charleville* findet, gehört in die Kategorie eines Andalusit, welcher schon alkalische Silicate aufgenommen hat. Seine Umwandlung in wirklichen Glimmer findet eine Analogie in der Umwandlung des Andalusit in denselben (S. 1436).

Die Glimmerblättchen im bunten Sandstein (S. 1449) habe ich als häufige Gemengtheile nur auf den Schieferungs-

---

*) Da der Glimmerschiefer nicht selten chlorithaltig ist: so trägt Naumann (a. a. O. S. 558) kein Bedenken, die meisten krystallinischen Thonschiefer, im Allgemeinen, für kryptokrystallinische, chlorithaltige Glimmerschiefer zu erklären. Da der Chlorit sehr reich an Magnesia ist: so konnten unter den oben angeführten Glimmerschiefern nur I und II möglicher Weise chlorithaltig gewesen sein.

flächen angetroffen. So weit man die Schieferung durch Theilung fortsetzen kann, finden sie sich und selbst in Platten von weniger als 1 Linie Dicke. Sandsteine, welche sich nicht schiefern lassen, enthalten nur äufserst selten einzelne Glimmerblättchen. Sie schiefern sich um so mehr bis zu den dünnsten Platten und sind daher um so reicher an Glimmerblättchen, je näher der Thalsoole sie vorkommen. Mit der Höhe des Vorkommens nimmt die Schieferung und mithin auch der Glimmer durchgängig ab. Auf den Höhen kann man eine grofe Zahl Sandsteinbrocken durchschlagen, ehe man ein einziges Glimmerblättchen findet.

Abgesehen davon, dafs nach den obigen Bemerkungen (S. 1439) die Gegenwart von Glimmerblättchen von solcher Gröfse, wie im bunten Sandstein, in einem Meere, aus dem sich dieses Gestein absetzte, nicht anzunehmen ist, und dafs, selbst wenn grofse Glimmerblättchen mit den Sandkörnern in dasselbe geführt worden wären, sie durch diese hätten zermalmt werden müssen, läfst sich auch das eben angeführte Vorkommen des Glimmers mit einer sedimentären Bildung nicht einigen. Sollte der bunte Sandstein eine sedimentäre Bildung an den Meeresküsten sein, indem durch den Wellenschlag Glimmer- und Quarz-haltige Gesteine zerstört worden wären: so würde man die Präexistenz des Glimmers leichter erklären können.

Der Ansicht, dafs der Glimmer im bunten Sandstein, wie die gröfseren Glimmerblättchen im Thonschiefer (S. 1441), von späterer Bildung sei, dürfte nichts Wesentliches entgegen stehen. Das fast ausschliefsliche Vorkommen der Glimmerblättchen auf den Schieferungsflächen erklärt sich dann daraus, dafs sich gerade auf diesen Flächen die Gewässer bewegen; mithin hier theils Umwandlungen in der Masse des Gesteins bewirken, theils die zur Glimmerbildung erforderlichen Bestandtheile zuführen. Grofse Sandsteinblöcke, welche sich nicht schiefern, sind auch dichter, härter und weniger feucht im Innern, als dünne Platten. Die von Glimmerblättchen ganz durchdrungenen Zwischenlagen, welche die 20 bis 30 Fufs mächtigen Sandsteinblöcke bei *Miltenberg* absondern, sind so weich und feucht, dafs man sie mit Händen zermalmen kann. Dafs sich in den Sandsteinen am Abhange des

Gebirges bei weitem mehr Glimmer, als in denen auf der Höhe findet, entspricht dem Umstande, dafs sich dort alle Gewässer vereinigen, welche hier eindringen. Die von den Gewässern abhängigen Wirkungen müssen sich daher in der Nähe der Thaleinschnitte in einem höheren Grade, als auf den Höhen zeigen.

Die üppige Vegetation auf dem bunten Sandstein, das Kali und die anderen Basen in der Asche der auf ihm gewachsenen Pflanzen zeigen, dafs dieses Gestein nicht blofs Quarz und Eisenoxyd enthält. Diese Aschenbestandtheile sind auch die Bestandtheile des Glimmers. Dafs übrigens die bunten Sandsteine das zur Glimmerbildung erforderliche Eisenoxydulsilicat enthalten, zeigen die grünen Färbungen und die grünen Körner (Bd. I. S. 455) in manchen Varietäten. Die chemische Prüfung weiset selbst in den rothgefärbten Sandsteinen die Gegenwart von Eisenoxydul nach. Wie nahe manche Varietäten der Grünerde der Mischung des Glimmers kommen, ergiebt sich aus der Analyse von Delesse (Bd. II. S. 564) und aus einer neueren der grünen Körner aus dem Grünsandstein von v. der Mark *). Auch das Zusammenvorkommen der grünen Körner mit Glimmer, sogar in tertiären Bildungen (Bd. I. S. 808—810), spricht dafür, dafs jene das Material zur Bildung von diesem geliefert haben können.

---

## Nachtrag zu S. 1427.

### Pinit nach Labrador und Glimmer nach Pinit.

Umwandlungspseudomorphosen eines pinitartigen Minerals nach Labrador aus dem Grünsteinschiefer von *Harthau bei Chemnitz* wurden von Ad. und W. Knop **) untersucht. Sie durchschwärmen das Gestein in gelblich- und grünlichweifsen Flecken, welche zum Theil noch deutlich Bruch und

*) Verh. d. naturhist. Vereins der preuss. Rheinlande u. s. w. Jahrgang VI. S. 271.

**) Chemisch-Pharmaceutisches Centralblatt 1851. October. No. 48.

Form des Labrador besitzen. Auch finden sich an einigen Stellen frische Labradorkrystalle. Die noch Bruch und Form des Labrador besitzenden Parthien stellen sich, unter dem Mikroskop, als aus kleinen dicht an einander gelegten, fest adhärirenden, glimmerartigen Schuppen bestehend dar:

| | I | | II | | III |
|---|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . | 55,18 | | 55,96 | | 54,67 |
| Thonerde . . . | 27,51 | | 25,48 | | 27,89 |
| Eisenoxydul . . | 4,08 | Oxyd | 5,51 | | 0,31 |
| Manganoxydul . | Spur | } | | | |
| Kalkerde . . . | 0,30 | } | 3,76 | Kalk | 10,60 |
| Magnesia . . . | 1,22 | } | | | 0,18 |
| Kali . . . . | 3,37 | | 7,89 | | 0,49 |
| Natron . . . | 4,50 | | 0,39 | | 5,05 |
| Fluor . . . . | 0,08 | | | | |
| Wasser . . . | 3,74 | | 1,41 | | |
| | 99,98 | | 100,40 | | 99,19 |

I Pinit nach Labrador.

II Pinit aus der *Auvergne* nach Gmelin *).

III Labrador aus Grünsteinporphyr von *Campsie* in *Schottland* nach le Hunte **).

II wurde angereiht, weil er unter allen Piniten dem von I am meisten gleicht, nur dafs dieser sich überhaupt durch seinen bedeutenden Natrongehalt auszeichnet, welcher sich jedoch aus seiner Entstehung aus Labrador erklärt. Auch den S. 391 angeführten Piniten ist er ziemlich ähnlich. III dient zur Vergleichung mit einem Labrador, der, wenn dessen Kalkerde durch Kali verdrängt wird, der Mischung von I sehr nahe kommt. Auf eine solche Verdrängung deuten auch meine Analysen verwitterter und nicht verwitterter Labradore (S. 1080). Da jene Flecken mit Säuren brausen: so zeigt diefs die wirkliche Ausscheidung der Kalkerde.

Diese Untersuchungen sind sehr interessant, weil sie

*) Kastner's Archiv. Bd. I. S. 226.

**) Edinb. n. phil. Journ. 1832. Juli P. 86.

darthun, dafs der Pinit auch aus einem Mineral ausserhalb der Cordieritreihe hervorgehen kann, und dafs Labrador wie Orthoklas einer Umwandlung in Glimmer fähig ist. Auch von dieser Seite her wird es daher leicht, die Gegenwart des Glimmers im zersetzten Basalt, in einem labradorischen Gesteine zu begreifen (S. 1420). Da indefs Glimmer nach Labrador wohl nie Magnesiaglimmer ist (S. 1436), aus einem Pinit aber schwerlich ein anderer als Kaliglimmer hervorgeht: so werden Labrador und Augit vereint die Bestandtheile zur Bildung jenes Glimmers liefern.

Eine so bedeutende Menge von Kieselsäure und Natron, wie im Pinit I, findet sich in keinem Glimmer. Eine Ausscheidung von Kieselsäure und eine Verdrängung des Natron durch Kali ist daher beim Uebergange des ersteren in letzteren nothwendig. Die Gegenwart von Quarz neben Kalkspath in jenen Flecken zeigt die wirkliche Ausscheidung von Kieselsäure. Dadurch kann sich auch die Thonerde so weit relativ vermehren, dafs sie die im ächten Kaliglimmer vorhandene Menge erreicht. Dafs der Pinit überhaupt nur eine Uebergangsstufe zum Glimmer bildet, zeigt das schwankende Verhältnifs der Kieselsäure. In den von Rammelsberg*) analysirten Piniten beträgt die Kieselsäure nicht mehr, als in den Kaliglimmern. Die Zusammensetzung des Pinit von *Pardoux* ist nicht mehr von der der Kaliglimmer zu unterscheiden.

*) Supplement III. S. 94 und IV. S. 178.

# Cap. XIX.

## Chlorit, Serpentin, Speckstein und Talk.

Allgemeine Betrachtungen über die Entstehung von Chlorit, Serpentin, Speckstein und Talk, als letzte Umwandlungsproducte (S. 1216) haben wir früher (Bd. I. S. 789 ff. und Bd. II. S. 312 und 497 ff.) angestellt.

Die genaue Kenntnifs, welche wir von der Bildungsart des Glimmers erlangt haben, gestattet, diese letzten Umwandlungsproducte, welche zu betrachten noch übrig sind, einer kürzeren Erörterung zu unterwerfen; denn jener und diese stehen sich in ihren genetischen Verhältnissen überaus nahe. Hinsichtlich der Zusammsetzung zeigt sich jedoch eine auffallende Verschiedenheit. Während die Glimmerarten in ihrer Zusammensetzung so sehr variiren, dafs wenig Hoffnung vorhanden ist, sie jemals unter eine allgemeine Formel (S. 1377) zu bringen, gelingt diefs bei den Chloriten, Serpentinen u. s. w. wenn freilich nur annäherungsweise. Diese Verschiedenheit begründet der Umstand, dafs sich eine grössere Zahl von Mineralien in Glimmer, als in Chlorit, Serpentin u. s. w. umwandeln kann; denn je mehr ein Mineral in seiner Zusammensetzung variirt, desto verschiedener können die Materialien in ihrer Zusammensetzung sein, welche in dasselbe umgewandelt werden.

### A. Chlorit.

Er findet sich im Chloritschiefer, der zu den weniger verbreiteten Gesteinen gehört, ferner in Spalten, in Drusenräumen und auf Erzgängen.

Seine wesentlichen Bestandtheile sind Thonerde-, Eisenoxyd-, Eisenoxydul- und Magnesia-Silicat und Wasser. Kalksilicat fehlt ihm gänzlich. Rammelsberg *) versuchte die relativen Mengen Eisenoxydul und Oxyd in den Chloriten zu bestimmen, um zu einer bestimmteren Deutung ihrer Zusammensetzung zu gelangen. Danach sind die Sauerstoff-Antheile im Chlorit und im Ripidolith berechnet und die Analysen des Chlorit von Brüel, v. Kobell und Varrentrapp und des Ripidolith von Varrentrapp corrigirt worden.

| | | Chlorit | | | | Ripidolith |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *Schwarzenstein* | *Achmatowsk* | | | *St. Gotthard* |
| | Sauerst. | Brüel | v. Kobell | Varrentr. | Sauerst. | Varrentr. |
| Kieselsäure | 12 | 31,47 | 31,14 | 30,38 | 12 | 25,37 |
| Thonerde | 6 | 16,67 | 17,14 | 16,97 | 9 | 18,50 |
| Eisenoxyd | | 3,36 | — | — | | 13,22 |
| Eisenoxydul | 9 | 2,95 | 4,55 | 4,55 | 9 | 16,89 |
| Manganoxydul | | 0,01 | 0,53 | — | | |
| Magnesia | | 32,56 | 34,40 | 33,97 | | 17,09 |
| Wasser . . . | 9 | 12,43 | 12,12 | 12,63 | 9 | 8,96 |
| | | 99,45 | 99,88 | 98,50 | | 100,03 |

Von concentrirter Schwefelsäure wird der Chlorit zerlegt. Salzsäure greift ihn vor dem Glühen fast gar nicht, nach demselben ziemlich stark an.

Die Umwandlung des Granat (Bd. II. S. 487) **) und der Hornblende (S. 865) in Chlorit, mit gänzlicher Ausscheidung der Kalkerde, zeigt die Möglichkeit seiner Entstehung auch aus anderen Kalksilicat-haltenden Mineralien. Da auch Feldspath in Chlorit umgewandelt werden kann (Bd. II. S. 252 und 307): so begreifen wir, wie Chloritbildungen in den meisten Gebirgsgesteinen, z. B. im Thonschiefer (Bd. I. S. 811) stattfinden können.

Manchmal ist in diesen Pseudomorphosen (von *Berggiefs-*

*) Suppl. IV. S. 34.

**) Im *Berliner* Mineralien-Cabinet fand ich mehrere Granaten aus

*hübel* in *Sachsen*) *) nur noch ein ganz kleiner Kern von Feldspath vorhanden, selten dieser ganz verschwunden. Es scheint der Chlorit ganz den Raum des verschwundenen Feldspath zu erfüllen. Eine chemische Analyse dieses Chlorit und des schon veränderten Feldspath dürfte zur richtigen Deutung des metamorphischen Processes führen.

Neuerdings wurden Verdrängungs-Pseudomorphosen mehrerer Mineralien durch Chlorit entdeckt. So nach Blum **) Chlorit nach Flufsspath (*Berggiefshübel* in *Sachsen*). Theils findet sich noch in ihnen ein Kern von Flufsspath, theils bestehen sie ganz aus Chlorit. Ferner nach Sillem ***) Chlorit nach Kalkspath (*Büchenberg* am *Harz*). Letzterer ist theils ganz verdrängt, theils mit Chlorit gemengt. Endlich, nach Sillem †), Chlorit nach Magneteisen, welche Pseudomorphosen an demselben Fundorte und auch bei *Fahlun* in *Schweden* vorkommen. Die Pseudomorphosen an letzterem Orte bestätigt auch Blum ††), welcher in einem Exemplare sogar eine gänzliche Verdrängung des Magneteisens beobachtete. Nach ihm kommen auch zu *Berggiefshübel* in *Sachsen* solche Pseudomorphosen vor.

In diesen Fällen konnte die Verdrängung der genannten Mineralien nur durch Gewässer erfolgen, welche die Silicate des Chlorit in Auflösung hielten. Das erwähnte Vorkommen des Chlorit in Drusenräumen führt zu demselben Schlusse und ebenso das von Blum †††) beschriebene Vorkommen einer chloritartigen Substanz als Versteinerungsmittel in *Zwickau* in *Sachsen*. Die Blätter und Stiele von Neuropteris Grangeri

---

Glimmerschiefer in *Tyrol*, welche ganz mit Chlorit überzogen waren. Der Chlorit-Mantel geht plötzlich in Granat über, welches ein geschliffenes Exemplar sehr deutlich zeigt. Auf einem Granat fand sich auch Eisenkies. Ein Granat von *Fahlun* hatte einen ganz dünnen Ueberzug von Chlorit.

*) Blum's Nachtrag I. S. 85.

**) Zweiter Nachtrag S. 104.

***) Jahrb. f. Mineral. u. s. w. 1851. S. 328 u. 395.

†) Ebend. S. 396 u. 400.

††) A. a. O. S. 106.

†††) Ebend. S. 126.

bestehen ganz aus einer grünen chloritischen Masse. Nach diesen Thatsachen kann die Möglichkeit nicht bezweifelt werden, dafs auch die Pseudomorphosen von Chlorit nach Feldspath Verdrängungs-Pseudomorphosen sein können. Bei Betrachtung des Serpentins werden wir indefs zeigen, dafs sie wahrscheinlich Umwandlungs-Pseudomorphosen sind; denn ein Silicat, Thonerdesilicat, ist im Feldspath, wie im Chlorit vorhanden.

Der Chlorit ist der Hauptgemengtheil des stets sehr deutlich geschichteten Chloritschiefers, dem zuweilen etwas Quarz oder Feldspath, oft auch Glimmer oder Talk beigemengt sind. Bis jetzt ist nur der Chloritschiefer von *Pfitsch* in *Tyrol* von Varrentrapp *) analysirt worden. Er besteht aus

| | |
|---|---|
| Kieselsäure . . . | 31,54 |
| Thonerde . . . | 5,44 |
| Eisenoxyd . . . | 10,18 |
| Magnesia . . . | 41,54 |
| Wasser . . . . | 9,32 |
| | 98,02 |

Er unterscheidet sich daher vom Chlorit und Ripidolith durch seinen sehr geringen Thonerde- und durch seinen sehr grossen Magnesiagehalt. Man mufs daher vermuthen, dafs dieser Chloritschiefer entweder ein Gemeng aus Chlorit und einem anderen Mineral, vielleicht Talk sei, oder einen Chlorit von eigenthümlicher Art enthalte. Ehe mehrere Chloritschiefer analysirt werden, läfst sich über ihre Zusammensetzung und Bildung nichts Genügendes sagen.

## B. Serpentin.

Der Serpentin als solcher gehört zu den mineralogisch einfachen Mineralien. Er tritt als Gebirgsgestein manchmal in bedeutenden Lagern, so am *Greiner* in *Tyrol* über 300 F. mächtig auf. Sein Vorkommen in Kalk-Lagern ist bemerkenswerth, und deutet darauf hin, dafs dieser Serpentin aus Granaten führen-

*) Poggendorff's Annal. Bd. XLVIII. S. 189.

dem körnigen Kalk hervorgegangen ist *). Sehr häufig nimmt er durch das Hinzutreten von Granat, Bronzit, Schillerspath, Chlorit, Glimmer, Magneteisen, Eisenkies (auch Platin und Chromeisen im *Ural*) u. s. w. den Character einer gemengten Gebirgsart an (Bd. II. S. 777). Ein von Delesse **) analysirter sehr homogener Schiefer von *Villa - Rota* am *Po* nähert sich in seiner Zusammensetzung so sehr dem Serpentin, dafs er als ein Serpentinschiefer zu betrachten ist. Er weicht nur so weit vom Serpentin ab, dafs er 3,22 Proc. Thonerde enthält.

Wie wir an verschiedenen Stellen dieses Werkes angedeutet haben, so hält auch G. Rose ***) dafür, dafs der Serpentin sich aus den verschiedensten Gesteinen bilden kann, und dafs er, wo und in wie grossen Massen er auch vorkommen mag, nie ein ursprüngliches Gestein, sondern ein erst durch spätere Zersetzungsprocesse gebildetes ist. Breithaupt (Bd. II. S. 866) war wohl der erste, dem, wenigstens manche Serpentin-Lager, als Umwandlungsproducte erschienen. Naumann †) schreibt manchen Serpentinen eine eruptive, dagegen anderen, die in primitiven Gesteinen regelmässig eingelagert vorkommen, eine mit diesen gleichzeitige Bildung zu. Wenn man alle massigen krystallinischen Gesteine für eruptive hält: so mufs man auch diejenigen für solche halten, welche sich in Serpentin umwandeln können. Dafs aber der Serpentin mit seinem bedeutenden Wassergehalte als solcher in feuerflüssigem Zustande aufgestiegen sei, halten wir für eine Unmöglichkeit. Naumann führt selbst unter seinen Eigenschaften seine fast gänzliche Unschmelzbarkeit an. ††)

Von einem Mineral, welches, wie der Serpentin, nie in selbstständiger Krystallgestalt vorkommt, sollte man erwarten, dafs es in seiner Zusammensetzung sehr bedeutend variiren

---

*) In sehr bedeutender Menge unter andern in America. Reports of the Meetings of the Assoc. of amer. Geol. 1843. S. 243 u. 246.

**) Bibliothèque universelle de Genève Mai 1848.

***) Poggend. Annal. Bd. LXXXII. S. 511 ff.

†) Lehrb. der Geognosie Bd. II. S. 88.

††) Ebend. Bd. I. S. 548.

müsse. Da er aber zu den letzten Umwandlungsproducten der Mineralien gehört, (Bd. II. S. 1215) und sofern er den weiteren Einwirkungen der Atmosphärilien unterworfen ist, nur in seine Bestandtheile zerfallen kann: so ist wohl zu begreifen, dafs seine Mischung eine nahe constante sein kann. Die aus der chemischen Formel berechnete theoretische Zusammensetzung des Serpentin

| | | | |
|---|---|---|---|
| Kieselsäure | 4 At. | = | 44,02 |
| Magnesia | 9 „ | = | 43,11 |
| Wasser | 6 „ | = | 12,87 *) |
| | | | 100,00 |

stimmt auch, wenn man sich einen Theil der Magnesia durch Eisenoxydul vertreten denkt, so ziemlich mit der seiner reinsten Varietäten überein. Enthielten die Gesteine, aus denen er entstanden ist, Thonerde-, Kalk- und noch andere Silicate und ist der Umwandlungsprocefs noch nicht vollendet: so finden sich in ihm noch diese Erden, wenn auch manchmal nur Spuren davon.

## Serpentin in Formen anderer Mineralien.

Von der Umwandlung des Olivin in Serpentin war schon früher (Bd. II. S. 266 ff. 274, 279) die Rede; der (S. 690) ausgesprochene Wunsch, dafs die Pseudomorphosen des Serpentin nach Olivin einer chemischen Analyse unterworfen werden möchten, ist seitdem in Erfüllung gegangen. Der von Quenstedt beschriebene Krystall (S. 689) in der Königl. Mineralien-Sammlung zu *Berlin* wurde auf Veranlassung von G. Rose von Heffter analysirt I. **). Berechnet man nach dem Wassergehalte in I und nach der Analyse des Serpentin von *Snarum* von Scheerer die Serpentin-Masse in I, so erhält man die Zusammensetzung II und es bleibt III übrig, welche fast vollkommen mit der Mischung des Olivin übereinstimmt.

---

*) Rammelsberg Suppl. III. S. 110.

**) A. a. O. S. 511 ff.

| | I | Sauerst. | II | III | Sauerst. |
|---|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure | 41,93 | 21,78 | 12,12 | 29,81 | 15,49 |
| Magnesia . . | 53,18 | | 13,16 | 40,02 | 15,49 |
| Eisenoxydul | 2,02 | 21,10 | 0,77 | 1,25 | 0,28 |
| Manganoxydul | 0,25 | | | | |
| Thonerde . . | Spur | | | | |
| Wasser . . | 4,00 | | 4,00 | | |
| | 101,38 | 30,05 | 71,08 | | |

Hieraus ergiebt sich unläugbar, dafs der untersuchte Krystall ein in Umwandlung in Serpentin begriffener Olivin ist, und dafs die gar keinen Olivin mehr enthaltenden Krystalle für völlig umgewandelte Olivine zu halten sind. Dadurch sind alle früheren Bedenken und Einwendungen von Tamnau, Böbert, Scheerer und Hermann und auch der Umstand beseitigt, dafs man noch nie Olivinkrystalle von der Gröfse gefunden habe, welche die Serpentine von *Snarum* besitzen; denn Blum *) beschreibt einen Olivinkrystall von mehr als 3 Z. Länge, 3 Z. Breite und $2\frac{1}{4}$ Z. Dicke, der, da er zerbrochen ist, beträchtlich gröfser gewesen sein mufs. Auch G. Rose weiset auf unregelmäfsig begrenzte Olivinkrystalle im Talkschiefer am Berge *Itkul* am *Ural* hin, die bisweilen Faustgröfse haben. Zu Folge der Analyse des Villarsit von Dufrenoy hält er es für wahrscheinlich, dafs auch dieser nur ein in Umwandlung begriffener Olivin sei.

Blum **) und G. Rose ***) beschreiben Pseudomorphosen von Serpentin nach Chondrotit. Diese Umwandlung ist wegen der ähnlichen Zusammensetzung desselben mit Olivin interessant.

Was die schon angeführten Umwandlungen des Granat, Augit und der Hornblende in Serpentin (Bd. II. S. 490, 494, 550 und 866) betrifft, so ist hinzuzufügen, dafs nach G. Rose †) die in der *Berliner* Sammlung sich findenden Pseu-

*) Jahrb. f. Min. u. s. w. 1851. S. 660.

**) Erster Nachtrag S. 84.

***) A. a. O. S. 524.

†) Ebend.

domorphosen diese Umwandlungen überzeugend darthun. Die schon von Blum (S. 550) beschriebenen Pseudomorphosen von Serpentin nach Augit wurden später von Liebener und Haidinger *) einer weiteren mineralogischen Untersuchung unterworfen, wonach ein grofser Augitkrystall erst in Serpentin umgewandelt wurde und daraus wieder Augit in kleinen Krystallen entstand, welche gleichfalls als Serpentin erscheinen. Nach G. Rose kommen bei *Auschkul* im *Ural* auch Pseudomorphosen von Serpentin nach Diallag vor. In denselben hat sich die Spaltbarkeit nach der Hauptfläche der tafelförmigen Individuen gut erhalten, und Hermann's Analyse **) entspricht der Zusammensetzung des Serpentin. Hiermit und durch die Untersuchungen von Delesse ***) ist die oben (S. 607) angedeutete Möglichkeit einer Umwandlung des Diallag in Serpentin eine Wirklichkeit geworden.

Die bereits angeführte Umwandlung der Hornblende in Serpentin (S. 866) erlangte durch G. Rose's Beschreibung eines Serpentins von *Easton* in *Pensylvanien*, auf welchem sich nicht blofs derbe Massen, sondern auch zersetzte Krystalle finden, die sehr deutlich die Form der Hornblende erkennen lassen, ihre volle Bestätiguug.

Blum †) beschreibt Pseudomorphosen von Serpentin nach Spinell (*Warwick* in *New-York*) und von Serpentin nach Glimmer (*Sommerville* in *New-York*).

Eine aus Gehlenit entstandene Serpentin-artige Substanz von *Monzoni* in *Tyrol*, welche er mir gefälligst mittheilte, unterwarf ich einer qualitativen Prüfung, da ihre Menge zu einer quantitativen Analyse nicht hinreichte. Der Glühverlust betrug 3,6 Proc. und es zeigte sich ein brenzlicher Geruch. Sie brauste stark mit verdünnter Säure und wurde durch Digeriren mit concentrirter Salzsäure unter Ausscheidung von Kieselsäure aufgeschlossen. Die Auflösung enthielt etwas Thonerde, Eisenoxyd, keinen Kalk und viele

*) Berichte über d. Mittheil. von Freunden der Naturwissensch. in Wien 1850. Bd. VI. S. 77 ff.

**) Journ. f. pract. Chemie Bd. XLVI. S. 226.

***) Bulletin de le Soc. géolog. de France. II. ser. T. VI. p. 547.

†) Erster Nachtrag S. 78 u. 79.

Magnesia; mithin die Bestandtheile des Serpentin. Der Kalk wurde durch die verdünnte Säure ausgezogen und war wahrscheinlich blofs als Carbonat vorhanden. Der von der umgewandelten Substanz abgesonderte Gehlenit brauste gleichfalls mit verdünnter Salzsäure; sein Glühverlust betrug nur 0,5 Proc. Durch Digeriren mit concentrirter Säure wurde er unter Abscheidung von Kieselsäure aufgeschlossen. Die Auflösung enthielt wenig Thonerde und Eisen, viel Kalk und wenig Magnesia; er war daher schon in der Umwandlung begriffen, und hatte schon den gröfsten Theil seiner Thonerde verloren, enthielt aber noch Kalksilicat. Die Umwandlung des Gehlenit in eine Serpentin-artige Substanz ist leicht zu begreifen: Gewässer, Magnesiabicarbonat enthaltend, zersetzen das Kalksilicat in Magnesiasilicat und kohlensauren Kalk, dessen Gegenwart das Brausen mit Säuren zeigte.

Dr. Krantz war so gefällig, mir Gehlenit in sehr verändertem Zustande mitzutheilen. Es waren dunkelgrünschwarze gerade Säulen mit nicht mehr scharfen Kanten, die Flächen waren rauh und enthielten ganz kleine mit ochergelber Masse ausgefüllte Löcher. An einer Stelle fand sich eine Gruppe von weifsem Kalkspath und damit waren auch die Zwischenräume der Krystalle ausgefüllt *). Die dunkelgrünschwarze Farbe der Krystalle glich sehr der des Serpentins, sie wurden aber mit dem Federmesser nicht leicht geritzt, und waren daher viel härter als dieser. Die zur Analyse angewendeten Krystalle wurden von anhängendem Kalkspath sorgfältig befreit. Ich hoffte durch kalte sehr verdünnte Salzsäure die Carbonate auszuziehen, und von dem umgewandelten Mineral abzusondern; die Analyse I zeigt aber, dafs diefs nicht erreicht wurde; denn es wurden auch nicht unbedeutende Quantitäten von Kieselsäure und Thonerde aufgelöst, und das schwache Brausen entsprach nicht der bedeutenden Menge des erhaltenen kohlensauren Kalks, wie diefs auch der Gewichtsüberschufs zeigt. I. *a* ist die Zusammensetzung, wenn man das Eisen als Oxydul berechnet, und die Mengen der Kieselsäure Thonerde und des Eisenoxyduls vereinigt. I. *b* ist die Zu-

*) Letzteres fanden auch Fuchs und v. Kobell an den von ihnen analysirten Gehleniten.

sammensetzung, wenn man von dem schwachen Brausen abstrahirend, die ganze Menge der Kalkerde mit Kieselsäure verbunden sich denkt, und 1,28 Proc. als Glühverlust, der nicht direct bestimmt wurde, annimmt. Es sind *a* die mit verdünnter Salzsäure ausgezogenen und *b* die durch Digeriren mit concentrirter Salzsäure erhaltenen Bestandtheile. II Analyse des krystallisirten Gehlenit nach v. Kobell *) III nach Rammelsberg **).

| | | I ***) | I. *a* | I. *b* | II | III |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *a* | Kieselsäure | 4,75 | | | | |
| | Thonerde | 5,02 | | | | |
| | Eisenoxyd | 0,91 | | | | |
| | Kohlens. Kalk | 11,55 | 11,55 | | | |
| | Magnesia | Spur | Spur | | | |
| *b* | Kieselsäure | 26,87 | 31,62 | 31,62 | 31,0 | 29,78 |
| | Thonerde | 18,77 | 23,79 | 23,79 | 21,4 | 22,02 |
| | Eisenoxyd | 9,56 | | | 4,4 | 3,22 |
| | Eisenoxydul | — | 9,43 | 9,43 | | 1,73 |
| | Manganoxydul | — | — | — | — | 0,19 |
| | Kalkerde | 24,65 | 24,65 | 31,13 | 37,4 | 37,90 |
| | Magnesia | 2,84 | 2,84 | 2,84 | 3,4 | 3,88 |
| | Glühverlust | | | 1,28 | 2,0 | 1,28 |
| | | 104,92 | 103,88 | 100,09 | 99,6 | 100,00 |

*) Kastner's Archiv Bd. IV. S. 317.

**) Suppl. III. S. 47.

***) Es ist bemerkenswerth, daſs die Kieselsäure und Thonerde, welche von der verdünnten Säure ausgezogen wurden, beim Glühen sich schwärzten, während die Kieselsäure und Thonerde, welche von der concentrirten Salzsäure ausgezogen wurden, sich nicht schwärzten. Schon einige Mal wurde bemerkt, wie besonders metamorphosirte Mineralien organische Ueberreste in gröſseren Verhältnissen als frische Mineralien enthalten. Hier zeigt sich dieses recht auffallend. Es ist keine Frage, daſs das, was aus einem zersetzten Mineral durch verdünnte Säuren ausgezogen wird, in der Zersetzung mehr fortgeschritten sein muſs, als das was ihnen widersteht. Aber da wo viel zersetzt wurde, muſsten auch viele Gewässer damit in Berührung gekommen sein, und

I *b*, II und III differiren unter sich wesentlich im Eisen- und Kalkgehalte. Da auch in den übrigen Analysen des Gehlenit die Kalkerde nur bis auf 35,3 Proc. herabsinkt, und das Eisenoxyduloxyd nur bis auf 6,56 steigt: so ist es unzweifelhaft, dafs in I ein Theil der Kalkerde durch Eisenoxyduloxyd verdrängt wurde. Diefs geschah aber, indem, nach Bd. II. S. 783, Gewässer Eisenoxydul-Bicarbonat enthaltend, einen Theil des Kalksilicat in Eisenoxydul-Silicat umwandelten, während Kalkbicarbonat fortgeführt wurde, welches sich, wie bemerkt wurde, aufserhalb der Krystalle als Kalkspath absetzte. Da alle Analysen des Gehlenit, nur mit Ausnahme der von Fuchs, Magnesia, 2,2 bis 4,64 Proc., angeben: so ist dieselbe für einen wesentlichen Bestandtheil zu halten, und es ist daher nicht anzunehmen, dafs die Magnesia in I von aufsen hinzugetreten sei. Dieser Gehlenit nahm also nicht die Richtung zur Umwandlung in Serpentin, wie es bei dem oben angeführten sehr wahrscheinlich der Fall war. Wenn er aber später in Berührung mit Gewässern gekommen wäre, welche Magnesia-Bicarbonat statt Eisenoxydul-Bicarbonat enthalten hätten: so würde eine solche Umwandlung höchst wahrscheinlich von Statten gegangen sein; denn Kalksilicat war noch genug vorhanden zur Umwandlung in Magnesiasilicat (Bd. II. S. 489).

Da alle Krystallformen des Serpentin erborgte, verschiedenartige und ganz unvereinbare sind: so müfsten sie, wenn er in selbstständiger Form erscheinen könnte, bis auf eine pseudomorph sein. Man hat Schillerspath und Chrysotil als Serpentin aufgeführt; denn beide haben eine dem Serpentin sehr ähnliche Zusammensetzung. Ist nach G. Rose der Schillerspath ein Umwandlungsproduct des Augit: so bietet er nur ein neues Beispiel einer Umwandlung von Augit in Serpentin-Substanz dar. Die feinen Fasern, in denen sich der Chrysotil als Ausfüllungsmasse kleiner Gänge im Serpentin findet, scheinen unvollkommen ausgebildete Krystalle zu sein; hieraus könnte man schliefsen, dafs Substanzen von der Zusammensetzung des Serpentin auch krystallisiren können.

Da dem Serpentin eine selbstständige Krystallform man-

---

eben so als diese Unorganisches absetzten, werden sie sich auch die Freiheit genommen haben, Organisches abzusetzen.

gelt: so können wir nicht wissen, ob er durch andere Substanzen verdrängt werden kann. Bis jetzt kennen wir auch kein Mineral, welches durch ihn verdrängt worden wäre.

Derbe Massen kommen nicht selten so mit dem Serpentin vor, dafs man auch hier unwillkührlich auf die Annahme einer Umwandlung geführt wird. Von der nahen Verwandtschaft zwischen Gabbro und Serpentin war schon oben (S. 607) die Rede. Nach G. Rose kommen beide oft so gemengt vor und der Serpentin ist so vorherrschend, wie an manchen Stellen zu *Volpersdorf* in *Schlesien*, dafs der reine Gabbro nur als ein der Umwandlung in Serpentin noch entgangenes Mineral erscheint. Im Dolomit, der als Lager im krystallinischen Schiefergebirge bei *Rothzechau* in *Schlesien* vorkommt, findet sich, nach v. Buch, Serpentin in Trümmern von höchstens $1\frac{1}{2}$ Zoll Mächtigkeit. Dieses Vorkommen hat nach G. Rose den Anschein, als sei der Serpentin ein Zersetzungsproduct des Dolomit. Wir können dagegen nichts erinnern, wenn der Dolomit die Silicate, woraus der Serpentin besteht, sei es auch in noch so geringen Mengen, enthalten haben sollte. Vom Uebergang des Diorit in Serpentin war schon oben (S. 867) die Rede. Kupffer *) spricht von einer innigen Verknüpfung zwischen Serpentin und Diorit am östlichen Abhange des *Ural*. F. Sandberger **) gedenkt gleichfalls eines so innigen Zusammenhangs zwischen Diorit und einem serpentinartigen Gesteine, dafs dieses nur als eine Modification von jenem erscheint. Uebergänge des Serpentin in Chlorit- und Talkschiefer sind längst bekannt. Die weiter unten beschriebenen Verhältnisse im Serpentin von *Greifenberg* zeigen die nahen Beziehungen zwischen Chlorit und Serpentin sehr auffallend.

Oft findet sich der Serpentin an den Grenzen zweier Gesteine, wo natürlich Zersetzungen am häufigsten von Statten gehen konnten. So nach Reufs ***) am nördlichen Abhange der *Forca rossa* bei *Predazzo*, wo zwischen dem kör-

*) Poggend. Annal. Bd. XVI. S. 272.

**) Uebersicht der geolog. Verhältnisse von Nassau S. 65.

***) Jahrb. f. Mineral. u. s. w. 1840. S. 153.

nigen Kalk und Syenit eine 1 bis 2 F. mächtige Schicht von Serpentin und eine 5 bis 6 F. mächtige Schicht grünen, fetten Thons sich findet. Der Syenit selbst ist auf eine weite Strecke hin sehr zersetzt und eisenhaltig. Ohne Zweifel hat hier die Hornblende des Syenit das Material für den Serpentin und sein Feldspath das für den Thon geliefert.

Fallou *) und Herm. Müller **) beschreiben die sächsischen Serpentin-Parthien: jener die von *Waldheim*, dieser die von *Greifendorf*. Fallou hält sich genau an das Thatsächliche, Müller greift in das Genetische über. Beide Abhandlungen, reich an Thatsachen, klären interessante Verhältnisse auf; mit manchen theoretischen Ansichten des letzteren können wir nicht übereinstimmen. Beide Verf. halten diese Serpentine für gleichförmige Einlagerungen im Granulit. Die Selbstständigkeit des Serpentingebirges bei *Waldheim* wird von Fallou verneint. Das Liegende desselben ist ohne Zweifel Gneifs. Folgen wir zunächst Müller's Beobachtungen.

Häufige noch zu beobachtende Uebergänge von Eklogit in Serpentin und die stete Anwesenheit von Granaten in die-

*) Archiv für Mineralogie u. s. w. Bd. XVI. S. 423 ff. Hr. Fallou war so gütig, mir schon vor sieben Jahren eine vollständige Sammlung von Stufen aus dem Serpentin-Gebirge bei *Waldheim* mitzutheilen. Dieselben enthalten ein reiches Material für chemische Untersuchungen, wodurch manche Verhältnisse näher aufgeklärt werden möchten. Ich hatte vor, vor Bearbeitung dieses Kapitels diese Untersuchungen vorzunehmen; allein Zeit und Raum hindern mich in diesem Augenblicke. Da ohnediefs eine ziemlich lange Unterbrechung im Drucke meines Werkes eingetreten war, indem ich, wie die folgenden Kapitel zeigen werden, eine nicht unbedeutende Reihe von chemischen Untersuchungen vornehmen mufste, um Fundamente für die weitere Bearbeitung zu gewinnen: so wollte ich durch neue Untersuchungen, deren Ende ich nicht voraussehen konnte, die Vollendung nicht noch weiter hinausschieben und den Umfang des Werkes nicht noch mehr ausdehnen. Ich mufs daher die auf die Bildung des Serpentins bezüglichen chemischen Analysen einer eigenen Monographie über den Serpentin vorbehalten, die so bald wie möglich erscheinen wird.

**) Jahrb. f. Mineral. u. s. w. 1846. S. 257 ff.

sem sprechen dafür, dafs er ein umgewandelter Eklogit sei. Häufige Uebergänge zwischen Eklogit und Granulit, ihre gleichartige Lagerung beweisen, dafs das ursprüngliche Gestein des Serpentins von gleichem Alter wie der Granulit gewesen sein müsse.

Der Granulit enthält fast stets, bisweilen kaum erkennbare, gewöhnlich aber kleine bis Erbsen grofse Körner von rothen Granaten. An einigen Puncten geht er durch Aufnahme von Hornblende in sogenanntem Trapp-Granulit und endlich in Eklogit über. Der Eklogit besteht aus kleinkörniger Hornblende und vielen porphyrartig eingewachsenen braunrothen und rothen Granaten.

Eine Hauptrolle im *Greifendorfer* Serpentin spielen die Chloritgänge, die ihn überall in unzähliger Menge durchschwärmen. Sie sind mit Chlorit allein oder zugleich mit fremdartigen Gesteinen und Mineralien ausgefüllt, und gehen in einander über. Die reinen Chloritgänge sind so häufig, dafs man selten eine Felspartie erblickt, in der sie nicht zu beobachten wären, während die Chloritgänge mit eingemengten Gesteinen nur an einzelnen Puncten auftreten. Oft durchsetzen den Serpentin in einem einzigen Steinbruche mehrere Chloritgänge in allen Richtungen; nur selten laufen sie parallel. Auffallend sind ihre häufigen Verzweigungen und Ausläufer, womit die vielen Durchsetzungen und oft bedeutenden Verwerfungen des Gesteins zusammenhängen. Häufig sind die Chloritgänge lagerartig zwischen die Platten des Serpentins eingedrungen.

Die Bruchstücke fremder Gesteine und Mineralien, welche in den Chloritgängen eingeschlossen sind, bestehen aus Granulit-, Granit-, Eklogit-, Serpentin- und Strahlstein-Fragmenten. Obwohl in den meisten dieser Gänge Bruchstücke von Gesteinarten vorkommen, die dem Serpentin zum Theil selbst angehören: so findet man doch auch nicht selten Einschlüsse von Gesteinen und Mineralien, die man nur in einiger Entfernung oder auch gar nicht auf der Oberfläche sieht.

M ü l l e r denkt sich den noch unzerrütteten Serpentin-Felsen durch gewaltsame Einwirkung vielfach aus einander gerissen und verschoben, und die dadurch entstandenen Klüfte

und Spalten später von Chlorit ausgefüllt. Nur bei wenigen Gängen läfst sich eine Durchsetzung nach schon vollendeter Ausfüllung wahrnehmen.

Wir müssen zunächst fragen, auf welche Weise die Ausfüllung der Klüfte und Spalten durch Chlorit erfolgt sein soll? Nach den herrschenden Ansichten wird man sich diese Ausfüllung von unten herauf denken, und da Granulit, Granit u. s. w. in einigen dieser Gänge im Chlorit eingeschlossen sind: so müfste diefs durch eine plutonische Injection geschehen sein. Wenn man nur einen Augenblick an den bis 12 Proc. steigenden Wassergehalt im Chlorit denkt: so wird man es nicht der Mühe werth halten, eine solche Ansicht widerlegen zu wollen. Es bliebe also nur der Weg von oben herab und die Vermuthung übrig, dafs der Chlorit mit seinen Fragmenten, etwa als eine mojaartige Masse, in die nach allen Richtungen offen gestandenen Spalten, ja sogar zwischen die Serpentin-Platten geflossen sei. Es würde aber ein starker Glaube dazu gehören, sich solche Vorgänge in der Natur zu denken.

Im *Waldheimer* Serpentingebirge streiten Fallou's Beobachtungen geradezu gegen die eruptive Natur der Gänge. Chlorit, Talk, Speckstein, Strahlstein, Chalcedon und Kalkspath gehören dem Serpentin ganz allein an, und verzweigen sich vielfach in demselben, während weder im Granulit, noch in seinen übrigen Gebirgsgliedern, diese Mineralien gangartig vorkommen. Wie konnte Müller, der sich wiederholt auf Fallou's Abhandlung bezieht, noch von einer eruptiven Natur der Chloritgänge sprechen?

Die einfachste Erklärung der Entstehung dieser Chloritgänge bietet sich von selbst dar. Nehmen wir, mit Müller, den noch unzerrütteten Serpentin-Felsen als gegeben; denken wir uns aber nicht eine gewaltsame Zerreifsung und Verschiebung des Gesteins, sondern eine ruhig und langsam von statten gegangene Zerspaltung, als Folge der bei der Umwandlung des Eklogit in Serpentin erfolgten Volumens-Verminderung: so haben wir alle Bedingungen für die Erklärung der Entstehung dieser Chloritgänge.

Müller führt selbst an, dafs der Serpentin an manchen Puncten in eine chloritische oder talkige Masse über-

gehe. Diese Umwandlung eines schon wasserhaltigen Gesteins in ein anderes wasserhaltiges, kann nur auf nassem Wege gedacht werden, und um so mehr, da das nach den verschiedensten Richtungen zersprungene Gestein den Wasserzutritt von allen Seiten her gestattete.

Die Mineralien des Eklogit und Granulit enthalten Thonerde. Bei ihrer Umwandlung in Serpentin mufste diese Erde ausgeschieden werden, da sie in ihm entweder gar nicht oder nur in geringen Mengen vorkommt. Der Chlorit enthält aber Thonerde als wesentlichen Bestandtheil. Nichts ist daher leichter zu erklären, als dafs die Gewässer aus dem Gestein Thonerde mit entsprechenden Mengen von Kieselsäure, Magnesia und Eisenoxydul fortführten, und in den Spalten als Chlorit absetzten, während die rückständige Masse in Serpentin überging. Da im Chlorit und Serpentin Kieselsäure, Magnesia und Wasser sehr nahe in gleichen Verhältnissen vorkommen, und Eisenoxydul in ihnen ziemlich nahe innerhalb gleicher Grenzen schwankt: so ist der Chlorit als Serpentin plus Thonerde, der Serpentin aber als Chlorit minus Thonerde zu betrachten. Wo aber das Hinzukommen oder Fehlen einer einzigen Substanz das Auftreten dieses oder jenes Minerals bedingt, da sind Uebergänge des einen in das andere leicht zu begreifen: zu viel Thonerde im Serpentin macht ihn chloritartig, zu wenig Thonerde im Chlorit macht ihn serpentinartig. Obgleich man sich, theoretisch genommen, eine Umwandlung des Serpentin in Chlorit durch Aufnahme von Thonerde denken kann, so ist doch diese Umwandlung wenig wahrscheinlich; viel wahrscheinlicher aber der umgekehrte Fall.

Da die Umwandlung des ursprünglichen Gesteins nicht blofs in seinem Innern, sondern noch mehr an den Wänden der entstandenen Spalten, wo die Gewässer den leichtesten Zutritt hatten, von Statten ging: so entstanden je nach dem gröfseren oder geringeren Zutritt desselben Chloritgänge von der verschiedensten Mächtigkeit von 1 Linie bis zu 3 Fuss.

Waren an den Spalten-Wänden Massen vorhanden, welche den Umwandlungsprocessen mehr oder weniger widerstanden: so schritten letztere um sie herum fort, und sie wurden in Chlorit eingeschlossen. Sie konnten aber durch einen theilsweisen Zersetzungsprocess so unkenntlich werden, dafs

man zwischen ihnen und den auf der Oberfläche vorkommenden Massen keine Aehnlichkeit mehr bemerken kann.

Nicht weit von einem mächtigen Chloritgange, der Granulit-Fragmente einschliefst, tritt aus dem Gerölle ein von vielen Chlorit- und Speckstein-Trümmern durchzogener Eklogitfels hervor, der nach oben und seitwärts allmälig in Serpentin übergeht. In den unteren Regionen zeigt er aber eine grofse Festigkeit und keine Spur von Umwandlung.

Hier sieht man in den nächsten Umgebungen eine schnellere, in den ferneren eine langsamere Umwandlung. Die Umwandlung nach oben und seitwärts zeigt, wie die Ursache von oben und von den Seiten nach der Richtung der Tagewasser erfolgt ist. Wäre es eine plutonische, oder irgend eine von unten nach oben wirkende Ursache gewesen: so müfste die Umwandlung gleichfalls von unten nach oben vor sich gegangen sein. Dann könnte aber der Eklogit in den unteren Regionen nicht fest und unverändert sein.

Die Hornblende des Eklogit verliert nach oben und nach den Seiten hin ihren Glanz und ihre Härte, und nimmt nach und nach den Character des Serpentin an. Der Granat bleibt meist unverändert; doch verliert er häufig seinen Glanz und seine Härte. An manchen Puncten überzieht er sich, wie der Granat im Serpentin, mit einer Kruste von feinblätterigem Chlorit; bisweilen geht er auch ganz in denselben über. Je mehr der Eklogit in Serpentin übergegangen ist, desto mehr zeigt er sich kugeligschalig abgesondert; die äussere Schale ist dann gewöhnlich Serpentin, der innere Kern aber noch reiner Eklogit. Diefs zeigt deutlich, dafs Chlorit das erste, der Serpentin das letzte Umwandlungsproduct ist.

Die Umwandlung des Granulit in Serpentin sieht man an einer Stelle sehr deutlich. Der gelblich- bis bläulichweifse Granulit wird oberhalb grünlichgrau bis lichtegrün, verliert sein krystallinisches Ansehen und seine Härte und geht allmälig in einen sehr weichen Serpentin über, in dem man bisweilen noch den Glimmer des Granulit bemerkt. Weiter oben wird dieser Serpentin härter und nimmt die gewöhnliche schwarzgrüne Farbe an.

Auch hier schreitet die Umwandlung von oben nach unten fort, und wird begünstigt durch die häufigen Spalten und

Sprünge in diesem Gesteine. Ist, wie kaum zu zweifeln, der untere Theil dieses Gesteins noch nicht so weit in der Umwandlung fortgeschritten, wie der obere: so sieht man, wie die in ihrem ersten Stadium eingetretene Erweichung im zweiten wieder verschwindet. Müller bemerkt einige Male, dafs die Chloritgänge die Serpentin-Platten in ihrer Nähe stark umgebogen hätten. Sollte diefs nicht eine Folge der Erweichung des Gesteins während der Umwandlung sein, die gerade in der Nähe der Gänge, wo die stärksten Volumen-Veränderungen erfolgten, sich zeigt?

Granit-Fragmente, häufig noch ziemlich scharfeckig, finden sich in Chloritgängen, deren Mächtigkeit bis auf 4 Fufs steigt. Der mit grofsen Glimmer-Blättern reichlich durchwachsene Feldspath, der wie der Granulit, in Chlorit eingeschlossen ist, zeigt in der Mitte noch deutlichen Glanz, Spaltbarkeit und Härte; aufsen geht er aber allmälig in Pyknotrop über. Bisweilen findet man Stücke, welche noch deutlich wie Feldspath sich spalten lassen, übrigens aber sich wie edler Serpentin verhalten. In noch unversehrten Stücken ist der Glimmer schwarzbraun bis tombakbraun; bei den mehr umgewandelten ist er aber violett oder seladongrün; er wird weicher und erhält endlich das Ansehen von Chlorit. An einer Stelle ist der Feldspath specksteinartig *), der Quarz aber durch eine weiche specksteinartige Masse verdrängt (Bd. II. S. 1261). Beide gehen nach und nach in Talk oder in edlen Serpentin über. Der Glimmer wird auch manchmal chloritartig. Viele jener Granit-Bruchstücke sind jedoch abgerundet und häufig ist in ihrer Mitte ein Kern mit granitischer Textur; nach aufsen gehen aber concentrische Schalen nach und nach in Serpentin über, und die äufserste Schale besteht oft nur aus festem Talk. Einzelne dieser Fragmente sind in einem, mit vielem Chlorit gemengten, weichen Talk umgewandelt, bei dem man nur durch Verfolgung der allmäligen Uebergänge den einstigen Granit wieder erkennt.

Im Granit, der blofs Quarz, Feldspath und Glimmer enthält, ist es der letztere, welcher sich in Serpentin (Bd. II. S. 1470)

---

*) Sollte diefs wirklich Speckstein sein? — Vergleiche S. 1500.

und der Feldspath, welcher sich in Chlorit umwandeln kann (S. 252); diese Umwandlung kann aber ohne Aufnahme von Magnesia und Eisenoxydul und ohne Ausscheidung des Kali und der theilweisen der Kieselsäure nicht von Statten gehen.

Es erschien mir sehr wahrscheinlich, dafs sich Magnesiabicarbonat und kieselsaure Alkalien gegenseitig zersetzen würden. Zu einer gesättigten wäfsrigen Lösung von Magnesiabicarbonat setzte ich eine mit Kieselsäure gesättigte Kalilauge. Nach einiger Zeit trübte sich die Flüssigkeit etwas; es schied sich aber nichts ab. Defshalb setzte ich etwas Alkohol dazu, obgleich ich besorgen mufste, dafs dann durch Zersetzung des kieselsauren Kali etwas freie Kieselsäure niederfallen würde. Was ich aber erwartete, dafs nämlich diese Kieselsäure das Magnesiasilicat, wenn es sich gebildet haben sollte, mit niederschlagen würde, wurde erreicht; denn es schieden sich bald weifse Flocken ab. Sie wurden auf dem Filtrum gesammelt und mit Wasser ausgewaschen. Das Filtriren ging äufserst langsam von statten, so dafs fünf Tage erforderlich waren, um 5,35 Gran von dem Niederschlage zu sammeln. Er wurde in der Siedhitze des Wassers getrocknet, und gelinde erhitzt, wobei sich Wasser entwickelte, und er so compact wurde, dafs er schwierig zu zerdrücken war. Das Wasser wurde nicht direct bestimmt, aus Besorgnifs, dafs sich mit demselben etwas Kohlensäure entwickeln könnte, wenn vielleicht kohlensaure Magnesia vorhanden gewesen wäre. Beim Zusatz von verdünnter Schwefelsäure entwickelte sich aber nicht eine Spur von Kohlensäure; kohlensaure Magnesia war also nicht vorhanden. Nach dem Abdampfen zur Trockne und nach Verflüchtigung der überschüssigen Schwefelsäure mittelst Ammoniak wurde er wieder in Wasser aufgeweicht, die rückständige Kieselsäure ausgewaschen und aus dem Filtrat die Magnesia durch basisch phosphorsaures Ammoniak gefällt. Die Zusammensetzung des Niederschlags war:

| | |
|---|---|
| Kieselsäure . . . . . . . . . . . . . . | 55,52 |
| Magnesia . . . . . . . . . . . . . . | 3,15 |
| Wasser aus dem Verluste bestimmt . . . | 41,33 |
| | 100,00 |

Die so sehr vorherrschende Kieselsäure zeigt, dafs der Niederschlag ein Gemeng aus Magnesiasilicat und Kieselsäure war; die gegenseitige Zersetzung des Magnesiabicarbonat und des kieselsauren Kali war aber dadurch vollständig erwiesen. Es ist daher nicht zu bezweifeln, dafs ebenso die kieselsauren Alkalien des Feldspath, wenn derselbe während langer geologischer Perioden immerfort mit Gewässern, welche Magnesiabicarbonat enthalten, in Berührung kommt, in kieselsaure Magnesia umgewandelt und die kohlensauren Alkalien durch sie fortgeführt werden.

Da Eisenoxydul-Bicarbonat durch kieselsauren Kalk in kieselsaures Eisenoxydul und Kalkbicarbonat zersetzt wird (Bd. II. S. 783): so kann, wenn Gewässer jenes Bicarbonat aufgelöst haben, und mit Feldspath, welcher kieselsauren Kalk enthält, in Berührung kommen, dieselbe Zersetzung von Statten gehen: der kieselsaure Kalk wird dann in kieselsaures Eisenoxydul umgewandelt, und der kohlensaure Kalk durch die Gewässer fortgeführt.

Da Eisenoxydul-Silicat schwerlöslicher als Eisenoxydul-Bicarbonat ist: so ist zu erwarten, dafs eine Lösung des letzteren durch eine Lösung von kieselsauren Alkalien zersetzt werde. Als ich zu einer concentrirten Lösung von Eisenoxydul-Bicarbonat eine verdünnte Lösung von kieselsaurem Kali setzte, färbte sich die Flüssigkeit grün, welches beweiset, dafs eine Zersetzung wirklich eingetreten war. Bald ging aber die Farbe in gelblichgrün über, und nach mehreren Tagen war die grüne Nüance ganz verschwunden. Es zeigt sich also hier dieselbe Farbenveränderung wie bei den durch kieselsaures Eisenoxydul grün gefärbten Gesteinen, wenn das Oxydul nach und nach in Eisenoxydhydrat übergeht. Ammoniak zur Lösung des Eisenoxydul-Bicarbonat gesetzt, bewirkte eine schwach grünliche Färbung, die aber bald in das Ocherbraune überging, während sich dann Eisenoxydhydrat absetzte. Kaliumeisencyanür bewirkte in dieser Lösung eine fast weifse und nur etwas in's Blaue schimmernde Färbung, die aber bald in blau überging und woraus sich dann Berlinerblau absetzte. Vergleicht man diese Reactionen mit der des kieselsauren Kali auf eine Lösung von Eisenoxydul-Bicarbonat: so kann man der Vermuthung nicht weiter Raum geben, dafs

die dadurch verursachte grüne Färbung von freiem Kali im kieselsauren Kali herrühren könnte; denn beim Zusatze dieses Silicats zur Lösung des Eisenoxydul-Bicarbonat erhielt sich die grüne Farbe in den unteren Schichten der Flüssigkeit viel länger, als unter denselben Umständen beim Zusatze von freiem Alkali zu dieser Lösung, und selbst nach 12 Tagen war jene Flüssigkeit noch fast ganz klar, und nur einige unbedeutende ocherbraune Flocken hatten sich ausgeschieden. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dafs kieselsaures Kali das Eisenoxydul-Bicarbonat wirklich in kieselsaures Eisenoxydul umwandelt. Damit ist in Uebereinstimmung, dafs auch die Grünerde in den sedimentaren Formationen der oxydirenden Wirkung der Luft so hartnäckig widersteht und ihre grüne Farbe so sehr conservirt (Bd. I. S. 811). Da die Lösung des Eisenoxydul-Bicarbonat, zu der kieselsaures Kali gesetzt wurde, so lange klar blieb, während sich aus derselben Lösung beim Zusatze von Ammoniak und von Kaliumeisencyanür so schnell Niederschläge absetzten: so zeigt diefs, dafs kieselsaures Eisenoxydul weniger schwerlöslich im Wasser ist, als Eisenoxydhydrat und Berlinerblau. Dieser Umstand macht aber den Absatz der Grünerde aus Gewässern in Drusenräumen (Bd. I. S. 806) sehr leicht begreiflich.

Nach den Resultaten dieser Versuche ist die Umwandlung des Feldspath in Chlorit durch Gewässer, welche Magnesia- und Eisenoxydul-Bicarbonat, mithin Bestandtheile mit sich führen, welche zu den gewöhnlichen in ihnen gehören, ohne alle Schwierigkeit zu erklären.

Pseudomorphosen von Serpentin nach Chlorit sind nicht bekannt, wohl defshalb nicht, weil letzterer höchst selten deutlich krystallisirt vorkommt. Bei der Umwandlung des Serpentin in Pyknotrop mufs Thonerde ganz oder bis auf ein Minimum ausgeschieden werden. Dafs solche Ausscheidungen wirklich statt finden, haben wir gezeigt (Bd. II. S. 1437).

Wir kehren zum *Greifenberger* Serpentin zurück. Die Eklogit-Fragmente, welche sich in Chloritgängen finden, sind gewöhnlich noch frisch, aber abgerundet, und an ihrer Aussenfläche ist ihr Granat mit einer Chlorit-Schale überzogen, welche manchmal den Granat ganz ersetzt. Oft findet man sie auch kugeligschalig abgesondert, und dann ist meist die

Hornblende der äufseren Schale in Serpentin umgewandelt, während im Innern noch frischer Eklogit ist. Mehrere der gröfseren Bruchstücke werden von schwachen Chlorit-Schnüren durchzogen, welche ohne Zweifel die früheren Sprünge im Gesteine bezeichnen, durch welche die Gewässer eingedrungen waren.

In der Mitte mancher Chloritgänge im *Greifendorfer* Serpentin finden sich mehr oder weniger abgerundete Serpentin-Bruchstücke, die gewöhnlich denselben Character, wie das Nebengestein haben. Ihre Granaten sind aber meist in Chloritkörner umgewandelt. Der schon erwähnte Uebergang des Serpentin in eine weiche, talkige oder chloritische Masse könnte, sofern dieselbe Chlorit sein sollte, ein dem Serpentin coordinirtes Umwandlungsproduct der Granaten sein (Bd. II. S. 494).

Aus den schätzenswerthen Beobachtungen Müller's ergiebt sich, dafs sich Granulit, Eklogit und Granit in Serpentin, Chlorit, Speckstein und Talk umwandeln können.

Die Quarzgänge im Serpentin, welche viel seltner als die Chloritgänge sind, haben nur eine Mächtigkeit von $1\frac{1}{2}$ bis 2 Zoll. Manchmal umschliefst der Quarz kleine scharfeckige Bruchstücke von Serpentin und an den Saalbändern ist er häufig durch eine schwache, talkige oder chloritische Zwischenlage vom Nebengesteine getrennt. An einer Stelle hat sich ein Quarzgang zwischen die Serpentin-Platten eingedrängt und sich in denselben verzweigt. Er wird von einem, Granulit-Fragmente führenden Chloritgange durchsetzt.

Die Quarzgänge setzen eine Ausscheidung von Kieselsäure voraus. Wandelt sich ein Gestein, welches mehr Kieselsäure und weniger Magnesia als der Serpentin enthält, in Serpentin um, und tritt Magnesiasilicat nicht von aufsen hinzu: so mufs Kieselsäure ausgeschieden werden. Von solcher Art sind aber die Hauptgemengtheile des Eklogit, nämlich Smaragdit und Granat. Aus dem Feldspath des Granulit mufste sich bei seiner Umwandlung in Chlorit noch mehr Kieselsäure ausscheiden. Da einer der dortigen Quarzgänge von einem Chloritgang durchsetzt wird: so wurde jener früher ausgefüllt, als das Gestein in Chlorit zersetzt. Ausscheidung der Kieselsäure ging daher der Bildung des Chlorit voran. Der

Quarz im Granulit konnte sogar durch specksteinartige Massen verdrängt werden. (Bd. II. S. 1261).

Auch Brauneisenstein-Gänge finden sich im *Greifendorfer* Serpentin. So durchsetzt ein solcher, 4 Fuſs mächtiger Gang den zwischen Granulit emportretenden Serpentin und den darüber lagernden Eklogit. In diesem Gange finden sich Knollen, welche Gneiſs einschlieſsen, der häufig eine gänzliche Umwandlung in Brauneisenstein zeigt. In der Nähe dieses Ganges ist der Serpentin und Eklogit sehr verwittert.

Man möchte vermuthen, der Gneiſs sei in diese Gangspalte mechanisch eingeführt und daselbst zersetzt worden; wenigstens finden sich, etwas davon entfernt, auf den Feldern noch wohlerhaltene grosse Gneiſsstücke. Das Eisenoxydhydrat, welches als Bindemittel zwischen den Knollen auftritt, scheint theils von zersetztem Gneiſse, theils von zugetretenen eisenhaltigen Gewässern herzurühren. Da die rothen Granaten und meist auch die thonerdehaltigen Hornblenden viel mehr Eisen enthalten, als der Serpentin: so muſste bei ihrer Umwandlung in diesen viel Eisen ausgeschieden werden.

Die interessanten Mittheilungen Fallou's veranlaſsten mich, mehrere Fragen an ihn zu stellen, welche er mit grosser Bereitwilligkeit zu beantworten die Güte hatte *). Im Nachfolgenden ziehe ich bloſs das aus seiner Abhandlung und aus seinen Briefen aus, was neue Aufschlüsse über die Bildung des Serpentin gewähren kann.

Zu Gunsten der Umwandlung des Granulit in Serpentin spricht bei *Waldheim* die merkwürdige Uebereinstimmung des Gefüges, der plattenförmigen Absonderung und der vertikalen Zerklüftung in beiden Gesteinen; nur an den Grenzen zeigen sich einige Ausnahmen. Die mächtigsten Chloritgänge streichen völlig parallel den Klüften des Granulit.

Unsere Vermuthung, daſs die Chloritgänge nicht eruptiv seien, erklärt Fallou, gegen Müller, nicht für eine bloſse Vermuthung, sondern für eine vollkommen richtige Beurtheilung der wahren Natur dieser Gänge. Die Ausfüllung aller Gänge

*) 18. Sept. 1846. 8. Mai und 3. Juni 1848.

im Serpentin ist in fortwährender Umwandlung begriffen. Sie waren ursprünglich leere Spalten, die sich erst später durch Zersetzung des Nebengesteins ausgefüllt und erweitert hatten. Die Verschiebungen, Verwerfungen u. s. w. sind eine Folge von Senkungen; denn die lockere Chloritmasse konnte die aufliegende Last nicht tragen. Sie schob sich auf den 30° bis 40° geneigten Absonderungs-Klüften hinab. Wo sich die hinabgerutschte Masse wieder festsetzte, sind die Platten kreuz und quer in einander verschoben und zertrümmert.

Die rauhe, körnige Aufsenseite der Serpentin-Platten im *Waldheimer* Serpentingebirge ist meist und besonders da, wo die Schichtungsklüfte mit Chlorit ausgefüllt sind, mit gelbem oder weifsem Glimmer überzogen. In der Serpentin-Masse selbst kommt er seltener und nur in der schwarzen oder schwarzgrünen Abänderung, und auch hier nur lagenweise in kleinen silberweifsen Blättchen vor. In Gängen, deren Inneres aus Granulit oder Feldspath bestehend, nach den Gangwänden zu in Pyknotrop übergeht, finden sich häufig braune, stark glänzende Glimmerblättchen oder auch in zusammenhängenden knolligen Parthien. Seltener kommt er im braunen und grauen Pyknotrop des *Wachberges* vor. Hier liegt er in langen, schmalen, zuweilen sich durchkreuzenden, dunkelbraunen Blättchen, fest auf den Bruchflächen. Im verhärteten Talk zeichnet er sich durch seinen kupferrothen und violetten Schimmer aus, und kommt in einzelnen, doch oft mehrere Zoll breiten Blättern, besonders da vor, wo die Gänge mit dichten, scharfkantigen und eckigen Trümmern von Feldspath, Pyknotrop und Talk erfüllt sind.

Ist der Serpentin bei *Waldheim* ein umgewandelter Granulit und ist bei der Umwandlung Glimmer nicht entstanden: so kann ersterer nur denjenigen enthalten, welcher in letzterem schon vorhanden war. Im Granulit und namentlich in der Nähe und im Hangenden des Serpentin ist er nur spärlich eingestreut, während er in der gneifsartigen Abänderung mehr vorwaltet. Bisweilen findet er sich nur auf den Spaltungsflächen der plattenförmigen Absonderungen, und erscheint häufig mit Hornblende gemengt. Er ist durchgängig schwarzgrau oder bräunlich. Im Serpentin kommt weifser, gelber, schwarzer, schwarzgrüner, brauner stark glänzender, kupfer-

rother und violetter Glimmer vor. Der silberweifse zeigt sich nur auf der äufseren Fläche der Platten und nur als leichter Anflug; im Innern dagegen sehr selten und spärlich. Bei der grofsen Mannichfaltigkeit beider Gebirgsarten ist das relative Verhältnifs des Glimmers in ihnen schwer zu bestimmen. So weit sie zu Tage liegen, möchte das Verhältnifs im Serpentin $\frac{1}{10}$, im Granulit $\frac{1}{50}$ sein. In letzterem bleibt sich das Verhältnifs in verticaler Richtung gleich, im Serpentin nimmt der Glimmer in unteren Teufen ab.

Combiniren wir alle diese Verhältnisse, so kann es nicht zweifelhaft sein, dafs bei weitem der meiste Glimmer im Serpentin ein Umwandlungsproduct ist. Man könnte annehmen, der silberweifse Glimmer und die anderen so verschieden gefärbten Arten seien durch Umwandlung aus dem schwarzgrauen oder bräunlichen des Granulit hervorgegangen, wenn nicht das so sehr ungleiche Verhältnifs in beiden Gesteinen entgegen stände, und wenn nicht die Abnahme des Glimmers in den unteren Teufen des Serpentin so deutlich zeigte, dafs er ein Product des von oben nach unten fortschreitenden Umwandlungsprocesses ist. Pseudomorphosen von Glimmer nach Granat sind nicht bekannt. Für den Glimmer findet sich daher kein anderes Material als der Feldspath; der daraus hervorgegangene Glimmer ist weifs oder grünlich weifs (Bd. II. S. 303 und 304), und gehört nach meiner Analyse (S. 1432) zu den Thonerde reichsten; in ihm finden wir daher eine, wenigstens theilweise Verwendung der Thonerde, welche bei der Umwandlung des Granulit in Serpentin ausgeschieden wurde.

Welche mannichfaltigen Umwandlungen im Granulit von Statten gingen, zeigt die Granulit-Breccie. Sie ist eine mehr oder weniger zusammengedrängte Masse zertrümmerten Granulits, welche, wellenförmig geschichtet, mehr oder weniger aufsteigt, nach allen Richtungen sich neigt und sonach eine von dem anstofsenden Granulit ganz abweichende Lage hat. Sie besteht gröfstentheils aus Granulit in scharfkantigen Bruchstücken von 1 bis 24 Z. Durchmesser, welche mit einzelnen Lagen und zum Theil mächtigen Bänken von Eisenkiesel, Serpentin, Serpentin-Mulm und lokerem, schiefrigem Glimmer-Letten wechseln. In letzterem finden sich wieder Knollen von

Granulit und Hornblendegestein und Eisenkieselblöcke. Die gröfsten der letzteren sind bisweilen mit einer glänzenden Rinde von Talk überzogen, der auch in Lagern und Nestern vorkommt, während die mächtigsten Eisenkiesel-Bänke manchmal Quarz und Kalkspathdrusen enthalten. Der in Schichten mit Eisenkiesel und Glit wechselnde Serpentin ist so zerklüftet, dafs er leicht in kleine Bruchstücke zerfällt; manchmal zeigt sich auf den Klüften Arragonit.

Die Gemengtheile der Breccie, aufser dem noch nicht zersetzten Granulit und Serpentin, zeigen, was aus dem Gesteine ausgeschieden werden mufste, ehe es ganz in Serpentin übergehen konnte. Alles was demselben fremd war, namentlich der Eisenkiesel, mufste in späteren Perioden durch die Gewässer fortgeführt werden.

Der Serpentin-Tuff, welcher jene Breccie zu beiden Seiten begrenzt, ist ebenfalls eine breccienartige Masse, welche aus erdigem, schwarzen oder rothbraunen Serpentin besteht und ganz durchschwärmt ist von Eisenkiesel, Schwarzeisenstein (Psilomelan?) und Chlorit, so wie von Quarz und Hornblende. Stellenweise geht die weiche Grundmasse in festen plattenförmigen Serpentin über, der mit Chlorit wechselt und dessen Bruchstücke mit Kalktuff überzogen sind. Im Hangenden grenzt der Serpentin-Tuff unmittelbar an den normalen Granulit, und der Eisenkiesel erscheint mit dem letzteren verwachsen. Im Liegenden ist der Granulit ungefähr 50 Schritt weit in ein mürbes Gestein zersetzt, obwohl er noch seine ursprüngliche Structur und Lagerung zeigt. Auf der anderen Seite geht stellenweise die Serpentin-Breccie in Lager von Eisenkiesel und dieser in Granulit-Breccie über, in welcher sich in Höhlungen Eisenkiesel-Trümmer finden. Auch ein Asbestgang setzt durch diese Trümmer-Schichten *).

Diese Lagerungsverhältnisse lassen vermuthen, dafs die

*) Delesse (Jahrb. für Min. 1848. S. 257) analysirte einen solchen Asbest, der sich in den 1 bis 2 Centimeter Mächtigkeit nicht übersteigenden Gängen, welche den Serpentin der *Vogesen* nach allen Richtungen durchziehen, findet. Die höchst dünnen Fasern stehen auf den Wänden senkrecht und haben die Zusammensetzung von Kobell's Chrysotil.

Serpentin-Breccie nicht aus zersetztem Serpentin hervorgegangen ist. Der Kieselsäure-Gehalt des Serpentin schwankt, abgesehen von den älteren und weniger zuverlässigen Analysen, nur zwischen 45 und 40 Proc.; in den meisten Analysen differirt er nur sehr wenig von dem aus der chemischen Formel berechneten Gehalt (S. 1468). Hat daher der oben erwähnte feste Serpentin einen solchen normalmäfsigen Kieselsäure-Gehalt: so kann der Eisenkiesel und Quarz, welche den Serpentin-Tuff durchschwärmen, nicht von Kieselsäure herrühren, welche aus dem Serpentin ausgeschieden worden wäre.

Nach Fallou's brieflichen Mittheilungen hat man beim Bau der *Chemnitzer* Eisenbahn, westlich von *Waldheim*, Serpentin aufgeschlossen, der 10 Fufs tief in Chlorit-Letten *) umgewandelt war. Beim Graben eines Brunnens in der Nähe seines Hauses fand sich gleichfalls zersetzter Serpentin, der gleichartig mit jenem Chlorit-Letten war. An diesen 20 F. unter Tage im Geröllschutt liegenden Stücken lassen sich alle Grade der Zersetzung bis zum Kern des festen Gesteins verfolgen. Diese Serpentine zeigen demnach ihre Zersetzungsproducte und ihre grofse Unähnlichkeit mit jenem Serpentin-Tuff, und liefern daher ein neues Argument gegen die Annahme, dafs dieser aus Serpentin hervorgegangen sein könnte. Weit mehr ist zu vermuthen, dafs der Breccien-Tuff ein noch im Werden begriffener Serpentin sei.

Das Vorstehende zeigt, dafs durch Zersetzung des Eklogit und Granulit die sämmtlichen Magnesiasilicat haltenden Zersetzungsproducte, Serpentin, Chlorit, Talk und Speckstein, ersterer jedoch in überwiegender Menge, entstehen können. Es ist nicht zweifelhaft, dafs sich auch der Glimmer an diese Zersetzungsproducte reiht, und der schwarzgrüne, braune und kupferrothe im Serpentin ist gewifs Magnesiaglimmer. Die

---

*) Der chemischen Untersuchung mufs es überlassen bleiben, ob dieser Letten wirklich chloritisch ist, und ob daher der Serpentin im Stande ist, Thonerde aufzunehmen. Da der Serpentin als feines Pulver von Schwefelsäure und concentrirter Salzsäure vollkommen zersetzt wird, so ist damit die Möglichkeit gegeben, dafs er auch nach und nach von kohlensaurem Wasser zersetzt wird; aber dann kann kein Chlorit entstehen.

Kalksilicate in der Hornblende und im Granat sind bis auf Minima zersetzt worden: die erwähnten Kalküberzüge u. s. w. zeigen noch die Reste dieser zersetzten Silicate; bei weitem der gröfste Theil des kohlensauren Kalks ist aber gewifs durch die Gewässer fortgeführt worden. Dafs das Eisen und die Kieselsäure der zersetzten Gebirgsarten nur theilweise in die, Magnesiasilicate haltenden Zersetzungsproducte eingegangen sind, zeigen die bedeutenden Massen von Eisenkiesel; aber gewifs haben die Gewässer mehr oder weniger von ihnen gleichfalls fortgeführt. Ob auch Thonerdesilicat der ganzen Gebirgsmasse entzogen wurde, oder ob die Thonerde im Chlorit und im Glimmer ein Aequivalent für diejenige ist, welche in den zersetzten Gesteinen enthalten war, wird sich schwerlich entscheiden lassen. Es ist übrigens zu vermuthen, dafs während der Zersetzungprocesse ursprünglich vorhanden gewesene Mineralien theilweise regenerirt wurden: vom Glimmer ist es gewifs, von der Hornblende nicht unwahrscheinlich; denn Fallou fand in ihr eine Quarzkugel eingschlossen.

Wenn die an Magnesia reichsten Hornblenden (Tremolit von *Gullsjö*), Augite (von *Pargas*) und Granaten (schwarzer von *Arendal*) sich in den edlen Serpentin von *Fahlun* (nach Lychnell's Analyse) ohne Veränderung des Volumens umwandeln sollen: so müssen nach Bd. II. S. 266. (II) abgeschieden und aufgenommen werden nach Procenten von

| | I Hornblende | | II Augit | | III Granat | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | abgeschieden | aufgenommen | abgeschieden | aufgenommen | abgeschieden | aufgenommen |
| Kieselsäure . | 25,90 | — | 23,43 | — | 15,86 | |
| Magnesia . . | — | 7,80 | — | 8,40 | — | 12,34 |
| Kalkerde . . | 14,11 | — | 15,70 | — | 6,53 | — |
| Eisenoxydul . | | 1,29 | 0,81 | | 7,88 | |
| Manganoxydul | — | — | 0,43 | | 6,27 | |
| Thonerde . | — | 0,30 | 2,55 | | 22,24 | |
| Bitumen und Kohlensäure | — | 2,76 | | 2,61 | | 2,17 |
| Flufssäure . | 0,94 | | — | — | | — |
| Wasser . . | — | 9,32 | | 8,90 | | 7,41 |
| | 40,95 | 21,47 | 42,92 | 19,91 | 58,78 | 21,92 |

Bei der Umwandlung dieser drei Mineralien, von denen im Eklogit und Granulit die Hornblende und der Granat vorzugsweise vorkommen, mufsten unter der Bedingung, dafs sich das Volumen nicht änderte, nicht unbedeutende Mengen von Magnesia aufgenommen werden. Diese Mengen werden natürlich noch viel bedeutender, wenn diese Mineralien arm an Magnesia waren. Da der Umwandlungsprocefs bei *Greifenberg* und *Waldheim* von oben nach unten von statten ging: so konnten es nicht aufsteigende Quellen, sondern es mufsten Tagewasser gewesen sein, welche die Umwandlung bewirkt hatten. Dann konnten aber diese Wasser nur den Gesteinen nahe an der Oberfläche Magnesia als Carbonat oder als Silicat entzogen und den Gesteinen unterhalb derselben zugeführt, und dadurch mufste das ganze Gebirge einen absoluten Verlust erlitten haben; denn Kieselsäure und Kalk mufsten aus allen obigen Mineralien fortgeführt werden, wenn eine Umwandlung in Serpentin erfolgen sollte. In diesem Falle würden aber den oberen Theilen des Gebirges die Bedingungen zur Umwandlung in Serpentin, das Vorhandensein der Magnesia, noch mehr entzogen worden sein. Wenn aber dem Eklogit und Granulit keine Magnesia durch die Gewässer zugeführt wurde: so konnte ihre vollständige Umwandlung in Serpentin nur dadurch erfolgen, dafs noch gröfsere Quantitäten Kieselsäure, als die obigen Berechnungen ergeben, fortgeführt wurden, und eine Folge davon würde sein, dafs das Volumen des ursprünglichen Gebirges sich bedeutend vermindert haben würde. In jedem Falle mufsten Senkungen eintreten, hier mehr dort weniger, weil die Zersetzung hier mehr dort weniger fortschritt. Diese Fortführung von Stoffen, welche langsam von Statten ging, ist gewifs hinreichend, die Dislocationen zu erklären; man braucht daher nicht zu gewaltsamen Zerreifsungen und Zertrümmerungen oder zu Gaseruptionen u. s. w. Zuflucht zu nehmen.

Die fortgeführte Kieselsäure finden wir im Eisenkiesel wieder. Die in I und II aufgenommenen oder ausgeschiedenen Basen, Thonerde, Eisen- und Manganoxydul, kommen, da sie nur kleine Gröfsen sind, nicht in Betracht; in III sind sie aber bedeutend. Das Eisen finden wir wieder im Eisenkiesel, das Mangan im Psilomelan. Die Thonerde können wir nur

im Chlorit und Glimmer und wahrscheinlich nur theilweise darin suchen. Wo daher viel von diesen Zersetzungsproducten im Serpentin gefunden wird, da ist zu vermuthen, dafs im ursprünglichen Gesteine viele Granaten vorhanden waren.

Fournet*) giebt ein seltsames Gemisch von schätzenswerthen Beobachtungen und unhaltbaren plutonischen Ansichten von den Serpentinen in den Alpen zwischen *Wallis* und *Oisans*, welche ähnliche Uebergänge, wie die *sächsischen* Serpentine zeigen. Am *Mont-Jovet* im *Aosta*-Thale sind Hornblendegesteine in zahllosem Wechsel mit Serpentin, Eklogit, Quarz, Glimmer oder Granaten führenden Kalk. Granaten findet man auch mitten im Serpentin, wie in den Thälern von *Chamouni* und von *St. Nicolas* in *Wallis*, oder sie erscheinen krystallisirt in Spalten solcher Gesteine, wie bei *Mussa* in *Piemont*; manchmal stellen sie sich auch auf scharf abgeschnittenen Adern dar. Fournet schreibt dem Wasser, der Kohlensäure und selbst dem Bitumen einen Antheil an den Bildungsprocessen zu; er läfst Silicate durch Kohlensäure zersetzen und von den kieselig-talkigen Massen trennen; das gröfste Hindernifs freier Trennung der verschiedenen Elemente des Serpentin findet er aber in der geringen Schmelzbarkeit einfacher Magnesiasilicate. Wir würden dasselbe Hindernifs finden, wenn wir auch nur entfernt an feuerflüssige Zustände denken könnten. Manchmal werden das fettige Wesen, die starke Tenacität und die geringe Härte der dortigen Serpentine durch das Rauhe erhärteter thoniger

*) Jahrbuch f. Min. u. s. w. 1846. S. 363 ff. Erfreulich ist es zu sehen, dafs nicht alle französischen Geologen solchen Ansichten, wie Fournet huldigen. Delesse, welcher die deutsche Litteratur sorgfältig verfolgt, ist auf besseren Wegen. Er scheint zur Ueberzeugung gekommen zu sein, dafs die Mineralien im Serpentin und in seinen Spalten nur Bildungen auf nassem Wege sein können, und stellt es fragweise hin, ob ein einziges von den ursprünglich auf feurigem Wege (?) gebildeten Mineralien noch vorhanden gedacht werden könne? Extrait. du Bullet. de la soc. géol. de France 2. série T. VIII. P. 6. Nur noch einen Schritt weiter, rufen wir ihm zu.

Teige verdrängt, und die Härte nimmt bis zum Funkengeben am Stahle zu.

Wir haben gesehen, dafs bei der Umwandlung der Granaten in Serpentin beträchtliche Mengen Thonerde ausgeschieden werden. Die Zersetzung des Feldspath liefert nicht minder bedeutende Quantitäten. Ist diese Umwandlung nicht mit einer dieser Thonerde entsprechenden Bildung von Chlorit und Glimmer verknüpft, und wird die Thonerde nicht als Silicat von den Gewässern fortgeführt: so müssen Serpentine reich an Thonerdesilicaten entstehen. Da die Serpentine keine selbstständige Krystallgestalt annehmen können: so können diese Silicate kein Hindernifs für ihre Bildung sein. Es ist daher denkbar, dafs Zersetzungsproducte entstehen, welche nur 1 Proc. Serpentin und 99 Proc. Thonerdesilicat enthalten; solche Gemenge wird man freilich nicht mehr Serpentin nennen. Kerolith, Dermatin, Antigorit, Spadait, Chonikoit, Pyrosklerit, Remalit, Retinalit, Prasilit, Pikrosmin, Monradit, Villarsit u. s. w. werden in oryktognostischen Werken *) als Mineralien angeführt, die dem Serpentin sehr nahe stehen, und die wohl meist aus der Umwandlung anderer Mineral-Substanzen hervorgegangen sind. In ihnen fehlt die Thonerde manchmal ganz, bei weitem in den meisten tritt sie aber auf und steigt von 0,3 bis zu 17 Proc. Aus allen diesen Mineralien kann gewifs Serpentin hervorgehen, wenn die Thonerde bis auf ein Minimum herabsinkt oder ganz verschwindet. Uebrigens findet sich ja in nicht wenigen Serpentinen Thonerde.

Das mächtige Serpentin-Lager von *Snarum* ist, nach Böbert **), von Gneifs umgeben. Von welcher Seite man sich ihm nähert, stets folgt auf den Gneifs ein sehr ausgebreitetes Quarzlager, dann ein Gemeng aus Quarz und Bitterspath, hierauf ziemlich reiner Bitterspath, ein Uebergang von diesem in Serpentin, Spuren von gemeinem Serpentin, endlich ein Kern von edlem Serpentin, und in dessen Mitte Merkmale einer Speckstein-Bildung.

---

*) Blum's Oryktognosie S. 353 ff.

**) Gaea norvegica Heft I. S. 137.

Es wurde schon gezeigt (Bd. II. S. 267), dafs bei der Umwandlung des Olivin in Serpentin Magnesia ausgeschieden werde. Da seitdem Scheerer *) den Serpentin von *Snarum* analysirt hat; so müssen wir, obgleich diese Analyse von dem oben gewählten Serpentin wenig abweicht, eine Correction machen.

| | Olivin | Serpentin | aufgenommen | abgeschieden |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . | 41,19 | 30,98 | — | 10,21 |
| Magnesia . . | 50,27 | 31,56 | — | 18,71 |
| Eisenoxydul . | 8,54 | 1,85 | — | 6,69 |
| Thonerde . . | — | 1,81 | 1,81 | — |
| Wasser . . | — | 9,59 | 9,59 | — |
| | 100,00 | 75,79 | 11,40 | 35,61 |

Tritt daher während der Umwandlung des Olivin in Serpentin keine Veränderung des Volumens ein: so müssen in den angegebenen Verhältnissen Kieselsäure, Magnesia und Eisenoxydul abgeschieden und Thonerde und Wasser aufgenommen werden. Die Kieselsäure finden wir im Quarzlager, die Magnesia im Bitterspath wieder. Nach den Verhältnissen der Serpentin-Lager bei *Greifenberg* und *Waldheim* zu schliefsen, möchte sich zu *Snarum* das abgeschiedene Eisenoxydul im Quarzlager wieder finden. Während, wie wir gesehen haben, bei der Umwandlung der Hornblende, des Augit und Granat Magnesia aufgenommen oder noch gröfsere Mengen Kieselsäure, als die Rechnung zeigt, abgeschieden werden müssen, bietet der Olivin den bis jetzt bekannten einzigen Fall dar, in dem Magnesia abgeschieden wird **), und damit ist

*) Poggend. Annal. Bd. LXVIII. S. 328.

**) Dafs überhaupt die Zersetzung des Olivin mit einer Ausscheidung von Magnesia verknüpft ist, zeigen die oben (Bd. II. S. 688) angeführten zersetzten Olivine. Auch ein seitdem von Baumann (Rammelsberg Suppl. IV. S. 14) analysirter, schon etwas zersetzter Olivin zeigt eine Verminderung der Basen. Wenn mit dieser Zersetzung die vollständige Oxydation des rückständigen Eisenoxyduls verknüpft ist: so kann natürlich kein Serpentin

nicht blofs der das Serpentin-Lager zu *Snarum* umgebende, sondern auch der Bitterspath, welcher manche der dortigen Serpentine ganz durchzieht, in völliger Uebereinstimmung. Damit ist ferner in Uebereinstimmung, dafs in jenen *sächsischen* Serpentin-Lagern, wo Olivin nicht das Material geliefert hat, Bitterspath nicht, oder vielleicht nur in ganz unbedeutenden Mengen in Drusenräumen vorkommt. Sollte zu *Snarum*, wie unzweifelhaft in den *sächsischen* Serpentin-Lagern, eine Verminderung des Volumens des ursprünglichen Gesteins eingetreten sein: so würde die Menge der ausgeschiedenen Bestandtheile noch mehr betragen haben, als die Rechnung ergiebt. Die so bedeutenden Massen von Quarz und Bitterspath, welche jene Serpentin-Lager umgeben, scheinen sehr dafür zu sprechen.

Die gröfste Menge Thonerde, welche bisher im Olivin gefunden wurde, beträgt 0,22 Proc. Enthielt der von *Snarum* selbst dieses Maximum, so mufste doch noch von dieser Erde von aussen hinzu treten. Irgend ein anderes Thonerde-haltiges Mineral mufste daher vorhanden gewesen sein, und diefs entspricht auch dem bis jetzt bekannten Vorkommen des Olivin nur in Begleitung mit anderen Mineralien (Bd. II. S. 677). Denken wir uns den Olivin in einem Hornblendegesteine, wie am *Huron-See:* so ist leicht zu begreifen, wie das ganze Gestein sich in Serpentin umwandeln und die Hornblende die im Olivin fehlende Thonerde liefern konnte. In diesem Falle konnten sich der Ueberschufs der Magnesia im Olivin und der Mangel derselben in der Hornblende so gegen einander ausgleichen, dafs gar keine Ausscheidung der Magnesia erfolgte; mithin Bitterspath nicht gebildet werden konnte.

Auf meine Veranlassung und unter meiner Leitung analysirte Kjerulf im hiesigen Laboratorium den gelben Olivin (I) aus einer Olivinkugel im *Dreiser Weiher* (S. 678). Damit wurde eine Analyse der im Gemenge mit dem Olivin vorkommenden durchsichtigen, grünen, im reflectirten Lichte manchmal blauen Körner verknüpft (II).

---

aus ihm entstehen. Daher kann eine solche Umwandlung nur gedacht werden, wenn die Gewässer, welche sie bewirken, wenig oder gar keinen Sauerstoff enthalten.

| | I | II *a*. | Sauerst. | II *b*. | Sauerst. |
|---|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . | 42,21 | 55,75 | 28,97 | 58,78 | 30,54 |
| Thonerde . | 0,18 | 4,21 | 1,97 | 3,84 | 1,79 |
| Eisenoxydul . | 8,03 | 5,72 | 1,30 | 5,18 | 1,18 |
| Kalkerde . . | — | 4,83 | 1,36 | 3,87 | 1,09 |
| Magnesia . . | 49,29 | 25,97 | 10,05 | 26,88 | 10,41 |
| Chromoxyd . | 0,004 | 1,07 | 0,32 | 1,03 | 0,31 |
| Glühverlust . | 0,12 | 0,42 | | 0,42 | |
| | 99,834 | 97,97 | 15,00 | 100,00 | 14,78 |

I wurde mit Schwefelsäure aufgeschlossen. Die Zusammensetzung entspricht sehr nahe der theoretischen des Olivin (S. 676).

II konnte nicht mit Schwefelsäure aufgeschlossen werden.

II. *a* mit kohlensaurem Kali aufgeschlossen.

II. *b* mit Fluſssäure aufgeschlossen; die Kieselsäure wurde also aus dem Verluste bestimmt.

Die Differenzen zwischen II. *a* und II. *b* scheinen auf eine abweichende Zusammensetzung dieser Körner schlieſsen zu lassen, obgleich auch der nicht unbedeutende Verlust in II. *a* daran Antheil haben mag. Diese Zusammensetzung nähert sich, wie die Sauerstoff-Antheile zeigen (Bd. II. S. 513) ziemlich der des thonerdehaltigen Augit; nur die den Kalk so sehr überwiegende Magnesia ist der Augitmischung fremd. Sie nähert sich mehr der des Bronzit (S. 604); namentlich dem von Köhler analysirten Bronzit von der *Seefeldalpe* in *Tyrol* *). Umgewandelter Olivin können diese Körner nicht sein. Bemerkenswerth ist, daſs Berzelius **) auch in den Meteorsteinen ein augitartiges Mineral neben Olivin fand.

Ein solches Gemeng würde dem Serpentin zu *Snarum* die nöthige Menge Thonerde geliefert haben. Die Möglich-

*) Auch an andern Orten kommen Bronzit mit Olivin vor. (Bd. II. S. 607). Nöggerath hat dieses Zusammenvorkommen schon viel früher im Basaltbruche bei *Unkel* beobachtet.

**) Poggend. Annal. Bd. XXIII. S. 141.

keit der Umwandlung des an Magnesia so reichen Bronzit in Serpentin wird, da der Augit einer solchen Umwandlung fähig ist, Niemand bezweifeln.

## C. Speckstein und Talk.

Dafs Wasser ein wesentlicher Bestandtheil dieser Mineralien ist, haben Delesse und de Marignac gezeigt *). Durch eine ausführliche, von Th. Scheerer **) mit grofser Sorgfalt unternommene Analyse von 38 Exemplaren Talk, Speckstein und Meerschaum von den verschiedensten Fundorten ist diefs vollkommen bestätigt worden. In einigen Talken fand er sehr kleine Mengen, gewöhnlich nur Spuren von Kohlensäure, welches die schwierige Zersetzung der Magnesiasilicate durch diese Säure zeigt. Scheerer bringt die verschiedenen Talke in sechs Gruppen.

Die erste Gruppe umfafst die blättrig-krystallinischen Talke, welche sich als Hornblenden betrachten lassen, in denen die Kalkerde durch Magnesia, letztere aber mehr oder weniger durch Wasser vertreten ist. In der zweiten Gruppe, die faserig-krystallinischen Talke, ist, nach ihm, ausserdem mehr oder weniger Kieselsäure durch Thonerde vertreten. Zur dritten Gruppe zählt er die Anthophyllite, die sich als eisenoxydulreiche Talke betrachten lassen. Die vierte Gruppe die späthig-krystallinischen Talke (zum Theil „verhärtete Talke") entsprechen der Zusammensetzung der ersten Gruppe..

Zur fünften Gruppe (dichte krystallinische Talke) gehören besonders die Specksteine. Dafs dieselben durchaus krystallinisch sind, davon überzeugt man sich leicht durch eine mikroskopische Untersuchung mit polarisirtem Lichte. Sie bestehen aus einer lockeren Zusammenhäufung krystallinischer Partikel, deren optische Achsen in verschiedenen Richtungen liegen. Ein formloser und ein nierenförmiger Speckstein, so wie einer nach Quarz und einer nach Bitterspath zeigen sich in ihrer Zusammensetzung völlig identisch. Die

*) Compt. rend. 1846. T. XXII. No. 14.

**) Poggendorffs Annal. Bd. LXXXIV. S. 321 ff.

sämmtlichen Mineralien dieser Gruppe entsprechen in ihrer Zusammensetzung denen der ersten Gruppe.

Die sechste Gruppe (amorphe Talke) umfafst die Meerschaume, welche sich im polarisirten Lichte gröfstentheils vollkommen amorph verhalten. Die von Scheerer analysirten vier Meerschaume enthalten alle Kohlensäure (0,56 bis 2,73 Proc.) *) und selbst diejenigen, in denen kein Kalk vorhanden ist, und worin die Kohlensäure wohl nur an Magnesia gebunden sein kann. Es bleibt unentschieden, ob dieses Magnesiacarbonat ein ursprüngliches oder ein erst durch Zersetzung von Magnesiasilicat entstandenes Product ist. Die stöchiometrische Zusammensetzung der Meerschaume sucht Scheerer mit der der Mineralien der vorhergehenden Gruppen in Uebereinstimmung zu bringen, indem er, gemäfs seiner Hypothse Bd. II. S. 279, dem Wasser in allen diesen Verbindungen die Rolle einer Base zutheilt.

Scheerer bestimmte die mittlere Zusammensetzung des Talk aus vier sehr nahe übereinstimmenden Analysen verschiedener Talke, welche nur geringe Quantitäten Eisenoxydul und Nickeloxyd und zwei davon noch viel geringere Quantitäten Wasser enthielten, und fand sie, abgesehen von diesen Beimischungen:

| | |
|---|---|
| Kieselsäure . . . | 62,61 |
| Magnesia . . . . | 32,51 |
| Wasser . . . . | 4,88 |
| | 100,00 |

In 7 anderen Analysen von Talk sinkt die Magnesia bis auf 30,07 Proc. herab, während die anderen Basen zunehmen. Fünf Analysen von Speckstein geben, wenn man wiederum von den geringen Mengen anderer Basen abstrahirt, sehr nahe dieselbe Zusammensetzung; die Magnesia sinkt nur bis auf 30,46 Proc. herab. Demnach ist die Zusammensetzung des Talk und des Speckstein in den wesentlichen Bestandtheilen für identisch zu nehmen, wie denn auch die

*) Der Kohlensäuregehalt scheint keinem Meerschaum gänzlich zu fehlen.

obige mittlere Zusammensetzung mit früheren exacten Analysen dieser Mineralien ziemlich nahe übereinstimmt.

Da beide Mineralien entweder Zersetzungsproducte anderer Mineralien oder Absätze aus Gewässern sind: so können sie nur selten, vielleicht nie aus reinem Magnesiasilicat bestehen; denn jedes der ursprünglichen Mineralien enthält mehr oder weniger andere Silicate, von denen nur das leicht zersetzbare Kalksilicat zur vollständigen Ausscheidung kommt, obwohl auch dieses noch in geringen Mengen in einigen Talkarten vorkommt.

Der Speckstein kommt im Serpentin, Glimmerschiefer, Gneiſs, Granit, körnigen Kalk, in basaltischen Mandelsteinen und auf Erzlagerstätten vor. Der Talk kommt im Serpentin, Glimmerschiefer, Chloritschiefer, Gneiſs, Granit, körnigen Kalk, Diorit, auf Quarzgängen im Granit, Dolomit und auf Erzgängen und Erzlagerstätten vor. Gewiſs mögen aber Speckstein und Talk häufig, namentlich in Gesteinen, wie Granit und Gneiſs, welche keine oder nur ganz geringe Mengen Magnesiasilicate enthalten, mit Kaolin verwechselt worden sein. Der Talk kommt auch als Versteinerungsmittel von Pflanzen vor (Bd. I. S. 776) *).

Die Bildung dieser beiden Mineralien, welche wesentlich nur aus einem wasserhaltigen Magnesiasilicat bestehen, aus wässrigen Flüssigkeiten ist sehr leicht zu begreifen, da die Gegenwart dieses Silicats in Quellen nachgewiesen ist (Bd. I. S. 511 und S. 177 **). Das Vorkommen des Speckstein in Drusenräumen (Bd. II. S. 776) läſst auch keine andere Erklärung zu.

Speckstein in Formen vieler Mineralien sind an verschiedenen Orten angeführt worden. Es sind bloſs einige Berichtigungen und Zusätze zuzufügen.

In Beziehung auf die Pseudomorphosen von Speckstein nach Feldspath (Bd. II. S. 304) ist zu bemerken, daſs Blum auf meine Bitte mir einiges Material von zersetztem Feldspath-Zwillingen von *Carlsbad* (I.) und von zersetztem Feld-

---

*) Blum Nachtrag II. S. 126.

**) Kersten im Jahrb. f. Mineral. 1845. S. 659.

spath vom *Raubschlöfschen* (II.), welche beide er als Speckstein-Pseudomorphosen beschrieben hatte, zur Analyse mittheilte. Ihre Zusammensetzung ist

| | I | II |
|---|---|---|
| Kieselsäure . . . . . . | 51,56 | 53,32 |
| Thonerde . . . . . . . | 28,59 | 33,60 |
| Eisenoxyd . . . . . . | 5,08 | 3,83 |
| Magnesia . . . . . . . | 0,90 | 1,30 |
| Wasser . . . . . . . . | 5,78 | 4,95 |
| Verlust, wahrscheinlich Alkalien . . . . . . | 8,09 | 3,00 |
| | 100,00 | 100,00 |

Sie sind daher keine Specksteine, sondern Kaoline. Die bedeutende Menge Eisenoxyd zeigt an, dafs kohlensaures Eisenoxydul in den Gewässern eines der Zersetzungsmittel war; denn der Feldspath von *Carlsbad* enthält nur 1,75 Proc. Eisenoxyd. Beide Mineralien gaben auch beim Austrocknen in der Siedhitze viel Wasser, welches beweiset, dafs, ausser dem chemisch-gebundenen Wasser, noch viel kygroskopisches, mithin die Bedingung zu weiterer Zesetzung vorhanden war. Wegen Mangel an Material konnte der Verlust nicht näher bestimmt werden. So lange daher nicht durch weitere Analysen eine Umwandlung des Feldspath in Speckstein dargethan wird, müssen wir an der Existenz solcher Pseudomorphosen zweifeln *).

---

*) Kieselsaure Alkalien werden zwar durch Magnesiabicarbonat zersetzt (S. 1481). Wenn sich aber auch alle Kieselsäure des kieselsauren Kali im Orthoklas mit Magnesia zu Speckstein verbände: so würde die Menge desselben doch nur 24,76 Proc. vom Orthoklas betragen; 75,24 Procent kieselsaure Thonerde müfsten dann fortgeführt werden. Da indefs kieselsaure Magnesia die kieselsaure Thonerde des Cyanit verdrängen kann: so ist die Verdrängung dieses Silicats aus dem Feldspath gleichfalls denkbar. In diesem Falle würde Speckstein nach Feldspath, wenn eine solche Pseudomorphose wirklich vorkommen sollte, eine Umwandlungs- und Verdrängungs-Pseudomorphose sein.

In Beziehung auf die übrigen Speckstein-Pseudomorphosen verweisen wir auf frühere Stellen. Speckstein nach Andalusit und Chiastolit (S. 365), nach Wernerit (S. 417), nach Turmalin (S. 449), nach Granat (S. 495), nach Vesuvian (S. 507), nach Augit (S. 551), nach Topas (Bd. I. S. 505), nach Quarz (Bd. II. S. 1262) und nach Spinell *). Von der Umwandlung des Glimmers in Speckstein war schon die Rede (Bd. I. S. 502). Unter diesen Pseudomorphosen sind die nach Andalusit, Chiastolith, Topas und Quarz höchst wahrscheinlich Verdrängungs-Pseudomorphosen.

Von den Pseudomorphosen von Speckstein nach Bitterspath und Kalkspath war gleichfalls schon (S. 1114 und 1115) die Rede. Nichts ist leichter zu begreifen, als die Umwandlung des Bitterspath in Speckstein. Kommen Gewässer, welche kieselsaure Alkalien und freie Kohlensäure enthalten, in fortwährende Berührung mit Bitterspath: so löset die Kohlensäure den letzteren auf und das entstandene Magnesiabicarbonat zersetzt nach S. 1481 die kieselsauren Alkalien. Magnesiasilicat wird gebildet und die kohlensauren Alkalien werden durch die Gewässer fortgeführt. Dafs selbst grofse Mengen Kohlensäure kieselsaure Alkalien nur sehr wenig zersetzen, ist früher (Bd. I. S. 824) gezeigt worden. Die Umwandlung des Bitterspath in Speckstein fordert die gänzliche Ausscheidung und Fortführung des kohlensauren Kalk in ersterem. Die 24 Proc. Magnesia im Bitterspath geben durch Aufnahme von Kieselsäure und Wasser 73,85 Proc. Speckstein. Nach dem Verhältnisse der specif. Gewichte des Bitterspath und Speckstein beträgt dieses 80,8 Proc. vom Volumen des ersteren. Es giebt Specksteine, welche bis 4 Proc. fremde Beimischungen enthalten; die Umwandlung des Bitterspath in Speckstein kann daher mit sehr geringer Verminderung des Volumen statt gefunden haben. Speckstein nach Bitterspath auf die angegebene Weise entstanden, sind daher Umwandlungs-Pseudomorphosen. Diefs schliefst aber nicht aus, dafs sie auch durch Verdrängung entstehen können (S. 1114) **).

---

*) Die Pseudomorphosen S. 114.

**) Je mehr wir die Zersetzungs-Processe im Mineralreiche ken-

Speckstein soll auch in Formen von Staurolith vorkommen *). Breithaupt **) führt eine Verdrängungs-Pseudomorphose von Speckstein nach Barytspath an. Die Verdrängung ist nicht immer volkommen; in manchen Pseudomorphosen findet sich noch ein Kern von Barytspath.

Umwandlungs-Pseudomorphosen von Talk sind bis jetzt viel weniger als von Speckstein bekannt geworden. Mit Bestimmtheit kennt man nur eine einzige, die des Talk nach Granat (Bd. II. S. 496). Im Berliner Mineralien-Cabinet fand ich grofse zersetzte Granatkrystalle, worin Talkschiefermasse sich befand, die ohne Zweifel durch Umwandlung des Granat entstanden war. Da Talk und Speckstein, wenn sie auch chemisch nicht völlig identisch sein sollten, doch gewifs sich sehr nahe stehen: so ist zu erwarten, dafs alle Mineralien, welche sich in Speckstein umwandeln können, auch fähig zur Umwandlung in Talk sind; es mögen auch wohl manche Talk-Pseudomorphosen für Speckstein-Pseudomorphosen gehalten werden. Das Vorkommen des Talk bei den Umwandlungen in Serpentin (S. 1477) ist wohl nicht blofs von Granat, sondern auch von anderen Mineralien abzuleiten.

Blum ***) beschreibt eine Pseudomorphose vom *wilden Kreuzjoch* im *Zillerthal* von Talk nach Magnesitspath. Der Talk hat sich in der Richtung der vollkommenen Spaltungsfläche des Magnesitspath gleichsam eingeschoben; von demselben ist noch mehr oder weniger vorhanden. Nach H. Bauer besteht dieser Talk aus

| | |
|---|---|
| Kieselsäure . . | 52,16 |
| Magnesia . . . | 28,47 |
| Eisenoxydul . . | 17,62 |
| | 98,25 |

Die eigentliche Mischung des Talk hat diese Pseudomor-

nen lernen, desto mehr können Pseudomorphosen, die wir jetzt nur durch Verdrängung erklären können, in die Classe der Umwandlungspseudomorphosen übergehen.

*) Die Pseudomorphosen S. 135.

**) Nachtrag II. S. 138.

***) Nachtrag II. S. 47.

phose nicht: die Basen betragen zu viel, die Kieselsäure zu wenig. Da die Pseudomorphose theils in sehr dünnen weifsen Blättchen, theils in faserigen, lichte grünlichweifsen Parthien erscheint: so scheint sie aus zwei verschiedenen Zersetzungsproducten zu bestehen. Vielleicht sind die faserigen Parthien ein dem Chrysotil ähnliches Mineral. Interessant ist es indefs, eine talkartige Substanz in Formen von Magnesit zu kennen. Es leuchtet von selbst ein, dafs eine Umwandlung des, aus reiner kohlensauren Magnesia bestehenden Magnesit in kieselsaure Magnesia durch kieselsaure Alkalien noch leichter zu begreifen ist, als die ähnliche Umwandlung des Bitterspath in Speckstein.

Verdrängungs-Pseudomorphosen von Talk nach Feldspath, Couzeranit, Chiastolith und Cyanit sind bereits (Bd. II. S. 306, 307 u. 365) angeführt worden. Talk in einer granitischen Masse, welche Weibye *) beschreibt, scheint gleichfalls ein Zersetzungsproduct des Feldspath zu sein. Sollte diese Masse wirklich talkartiger und nicht kaolinartiger Natur sein: so würde ihre Bildung durch gegenseitige Zersetzung der kieselsauren Alkalien des Feldspath mittelst Gewässer, welche Magnesiabicarbonat enthielten, ebenso einfach zu erklären sein, wie die Umwandlung des Feldspath in Chlorit (S. 1483).

Einen von meinem Freunde Blum erhaltenen Cyanit von *Wustuben*, der in Talk umgewandelt erschien, unterwarf ich einer Analyse, wobei ich mich nur auf die genaue Bestimmung der Kieselsäure und der Magnesia beschränkte. Das Mineral gab in der Siedhitze kein Wasser, aber beim Glühen entwickelte sich ein brenzlicher Geruch. Durch ein zweimaliges Aufschliessen mit kohlensaurem Kali gelang es die Kieselsäure zu isoliren; denn der zweite Rückstand wurde durch Behandlung mit Flufssäure völlig verflüchtigt. Die Resultate sind:

*) Archiv für Mineralogie u. s. w. Bd. XXII. S. 495.

| | | |
|---|---|---|
| Thonerde und Eisenoxyd | 0,48 | durch Salzsäure extrahirt |
| Magnesia . . . . . . | 0,22 | |
| Kieselsäure . . . . . | 41,35 | |
| Magnesia . . . . . | 0,49 | |
| Thonerde und Eisenoxyd aus dem Verluste bestimmt | 56,50 | |
| Glühverlust . . . . . | 0,96 | |
| | 100,00 | |

Dieser Cyanit gehört demnach zu denen mit höherem Kieselsäuregehalt, welche von Gillet de Laumont analysirt wurden. Die beiden Quantitäten Magnesia als Talk berechnet geben

| | |
|---|---|
| Talk . . . . . . | 2,18 |
| mithin Cyanit . . . . . | 97,82 |
| | 100,00 |

Die Umwandlung in Talk hatte demnach erst begonnen, und wahrscheinlich bildete er nur eine dünne Haut auf der Oberfläche, welche dem Krystalle das Ansehen gab, als sei er ganz in Talk umgewandelt. Diese Umwandlung scheint übrigens zu den Seltenheiten zu gehören; denn nur die Analyse des Cyanit von Saussure d. J. giebt Magnesia, sogar 2,3 Proc. an. Da aber dieselbe in eine Zeit fällt, wo die Scheidung der Magnesia von anderen Erden noch sehr unvollkommen war: so kann man ihr kein grofses Vertrauen schenken.

Was man Talkschiefer nennt, enthält oft gar keine oder doch nur Spuren von Magnesia, wie die folgenden Analysen I, II und III zeigen

| | I | II | III | IV |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . | 48,04 | 50,20 | 40,70 | 57,83 |
| Thonerde . . . . | 30,99 | 35,90 | 18,15 | 7,06 |
| Eisenoxyd . . . . | 3,74 | 2,36 | 5,25 | 9,45 |
| Kalkerde . . . . | 2,80 | — | — | — |
| Magnesia . . . . | | — | — | 25,58 |
| Kali . . . . . . . | 7,89 | — | 11,16 | — |
| Natron . . . . . . | | 8,45 | 1,23 | — |
| Kohlensaurer Kalk . | — | — | 22,74 | — |
| Wasser . . . . . . | 6,54 | 2,45 | 0,60 | — |
| | 100,00 | 99,36 | 99,83 | 99,92 |

I, von *Fahlun* nach Gahn und Berzelius *).

II, von *St. Gotthardt* nach Schafhäutl **). In diesem Schiefer kommen Cyanit und Staurolith vor. Es hält schwer, den beiden Schiefern I und II eine richtige Deutung zu geben.

III, aus dem *Zillerthal* in *Tyrol* nach demselben Chemiker ***). Dieser Schiefer ist mit Glimmer gemengt, und wohl als Kalkglimmershiefer (S. 1000) zu betrachten.

IV, von *Hof Gastein* nach Wornum †). Es sind 47,63 Proc. Kieselsäure erforderlich, wenn man sich die Magnesia als Talk in diesem Schiefer denken will. Der Rest von 10,2 Proc. Kieselsäure würde mit der Thonerde und dem Eisenoxyd einem sehr eisenhaltigen und an Thonerde reichen Thon ähnlich sein.

Recapituliren wir die im Vorhergehenden angeführten Umwandlungen der Granaten, Augite und Hornblenden, so er giebt sich folgendes allgemeine Resultat. Die Granaten können sich in Chlorit, Serpentin, Speckstein und Talk, die Augite in Serpentin und Speckstein, die Hornblenden in Chlorit,

*) Schweigg. Journ. Bd. XVI. S. 267. Die Alkalien aus dem Verluste bestimmt.

**) Annal. d. Chemie und Pharm. Bd. XLVI. S. 334.

***) Ebend. S. 330.

†) Rammelsberg Suppl. II. S. 145.

Serpentin und Speckstein, umwandeln. Bei allen diesen Umwandlungen wird Kalkerde ausgeschieden und völlig, wenn die Processe ihr Ende erreicht haben. Wird blofs die kieselsaure Kalkerde durch kohlensaure Magnesia zersetzt, ohne dafs die übrigen Silicate des Granat oder der Hornblende an der Metamorphose Theil nehmen, oder doch nur theilweise fortgeführt werden: so erfolgt eine Umwandlung in Chlorit. Wird aus dem Granat, Augit oder der Hornblende auch das kieselsaure Eisenoxydul mehr oder weniger fortgeführt: so erfolgt eine Umwandlung in Serpentin. Werden in diesen Mineralien alle Silicate ausser der kieselsauren Magnesia zersetzt und forgeführt: so endigt der Umwandlungsprocefs mit der Bildung von Speckstein oder Talk.

Die Zerlegung des Magnesiabicarbonat durch kieselsaure Alkalien (S. 1481) ist in geologischer Beziehung ein bedeutungsvoller Procefs. Er erklärt die Umwandlung alkalische Silicate enthaltender Mineralien und Gebirgsarten in Chlorit, Serpentin, Speckstein und Talk; mithin die Umwandlung des Feldspath in Chlorit, Serpentin, Talk und Speckstein (wenn die beiden letzteren Pseudomorphosen wirklich vorkommen) und des Couzeranit in Talk (Bd. II. S. 307). Er erklärt ferner die Umwandlung des Glimmer in Serpentin und Speckstein. Bei allen diesen Umwandlungen kann eine Zersetzung der kieselsauren Alkalien durch Magnesiabicarbonat; mithin die Umwandlung der ersteren in Magnesiasilicat gedacht werden.

# Vierter Abschnitt.

## Sedimentäre Bildungen.

---

Die Flüsse führen den Seen und dem Meere das Material zu den sedimentären Bildungen zu; daher sind sie als die Einleitung zur Kenntnifs dieser Bildungen zu betrachten. Sie führen uns zur Betrachtung der Seen und des Meeres. Als die sedimentären Bildungen, welche aus Gewässern durch chemische Wirkungen, oder durch organische Thätigkeit entstanden sind und noch entstehen, betrachtet wurden (Bd. I. S. 873 ff.) lag fast gar kein chemisches Material für die nähere Kenntnifs der mechanischen Absätze vor. Dieses Kapitel wurde daher dem zweiten Bande vorbehalten, weil ich hoffte, bis dahin selbst einige Beiträge liefern zu können, und glücklicher Weise haben auch einige andere Chemiker ihre Aufmerksamkeit darauf gerichtet. In der chemischen Geologie kann es keinen Zweck haben, die sedimentären Bildungen nach ihrer Altersfolge zu erörtern, wie es in geognostischen Werken geschieht. Die ältesten Schiefergesteine und Sandsteine sind nach denselben Gesetzen entstanden, wie die neuesten dieser Art; weiteren chemischen Untersuchungen bleibt es indefs vorbehalten, ob je nach dem verschiedenen Alter dieser sedimentären Gesteine auch chemische Verschiedenheiten in ihrer Zusammensetzung sich zeigen. In dieser Beziehung ist leider bis jetzt nur sehr wenig geschehen.

Obgleich schon Bd. I. im Kap. von den Quellen (S. 140 ff. 199 ff.) die Beziehungen des Steinsalzes zu den Salzsoolen mehrfach erörtert wurden: so haben wir uns doch schon dort (S. 181) vorbehalten, später dem Steinsalz ein eigenes Kap. zu widmen. Was man auch neuerdings wieder gegen sei-

nen Absatz aus dem Meere einzuwenden versucht hat, alle seine Verhältnisse zeugen für einen solchen Absatz. Keiner unter den im Meerwasser gelösten und darin schwebenden Bestandtheilen kommt in so grofser Menge als das Kochsalz vor; an Material zur Bildung von Steinsalz aus dem Meere fehlte es daher weder in frühern noch in gegenwärtigen Zeiten. Wer nicht daran zweifelt, dafs die mächtigen Kalklager im Wechsel mit anderen sedimentären Gesteinen Bildungen aus dem im Meerwasser aufgelösten kohlensauren Kalk sind, obwohl seine Menge nur ungefähr $\frac{1}{10000}$ (Bd. I. S. 952) beträgt, der kann nicht anstehen, dem Steinsalze, dessen Menge 250 Mal so viel beträgt, und das eingelagert in sedimentären Gesteinen ist, denselben Ursprung zuzuschreiben. Es kommt nur darauf an zu ermitteln, wie sich dieses leichtlösliche Salz, welches in seiner Lösung im Meerwasser weit von seinem Sättigungspuncte absteht, dennoch aus demselben ausscheiden konnte. Diese Ermittelung ist eine rein chemische Aufgabe; ob sie mit Benutzung schon bekannter Verhältnisse, ob sie durch ein Experiment, welches erst nach acht Monaten ein Resultat gab, gelöst worden ist, bleibt dem Urtheile der Chemiker überlassen. Diese lange Dauer eines einzigen Versuchs ist auch der Grund, warum das Steinsalz nicht im Kap. von den sedimentären Bildungen durch chemische Wirkungen aufgenommen wurde, obgleich es damals grofsen Theils schon ausgearbeitet war. Wir nehmen es in diesem Abschnitte auf und haben um so mehr Grund dazu, weil es mit rein sedimentären Bildungen wechsellagert.

Den Stein- und Braunkohlen können wir gleichfalls keinen schicklicheren Platz als in diesem Abschnitte anweisen. Auch sie werden von sedimentären Bildungen eingeschlossen, die theils auf chemischem, theils auf mechanischem Wege entstanden sind. Sie sind auf beiden Wegen das geworden, was sie jetzt sind. Ihnen geht voran die Betrachtung der Kohlenwasserstoff-Exhalationen (Bd. II. S. 312), welche entschieden zeigen, welche Veränderungen Pflanzen-Ueberreste unter Wasser erleiden.

# Kapitel I.

## Flüsse.

Den Gehalt der Quellen an mineralischen Bestandtheilen finden wir in den Bächen und Flüssen wieder. In diesen unterliegt er aber grofsen Schwankungen. Zur trocknen Jahreszeit im Sommer, und im Winter, wenn der Boden mit Schnee und Eis bedeckt ist, sind es nur die Quellen, welche die Flüsse speisen. Der Gehalt an mineralischen Bestandtheilen in den Flüssen ist dann am gröfsten. Zur nassen Jahreszeit hingegen, wo die Regen- und Schneewasser bei weitem mehr als die Quellwasser betragen, sinkt der Gehalt an aufgelösten Bestandtheilen herab; denn jene auf der Oberfläche rasch und in grofser Menge fliefsenden Gewässer lösen bei weitem weniger auf, als die in das Gebirgsgestein dringenden Gewässer. Die Regen- und Schneewasser führen aber dann mehr oder weniger schwebende Bestandtheile den Flüssen zu, wodurch sich diese trüben *). Davon wird im Kap. IV. die Rede sein.

*) Aus einer einzigen Analyse lassen sich, wenn die mittlere jährliche Menge Wassers, welche durch einen Flufs dem Meere zugeführt wird, bekannt ist, die in dasselbe gelangenden aufgelösten fixen Bestandtheile nur dann berechnen, sofern ihre Menge das Maximum erreicht hatte.

Everest (Lyell's Principles of Geology. Ed. VII. P. 269) fand, dafs im J. 1831 die Menge des Wassers im Ganges betrug in der Secunde während

| | | |
|---|---|---|
| der 4 Regenmonate . . . | 494208 | Cub. F. |
| der 5 Wintermonate . . . | 71200 | „ „ |
| der 3 Sommermonate . . . | 36330 | „ „ . |

Hieraus ergiebt sich, dafs Analysen der Flufswasser nur wenig Werth haben, wenn nicht die Jahreszeit, in welcher das Wasser geschöpft wurde, angegeben wird. Um den mittleren Gehalt der Bestandtheile zu erhalten, müfsten eigentlich zu allen Jahreszeiten und bei hohen, niederen und mittleren Wasserständen die Analysen angestellt werden. Da indefs nur selten solche weitläufige Untersuchungen angestellt werden möchten: so genügt es, die Analysen beim niedrigsten Wasserstande im Sommer oder im Winter vorzunehmen *). Im Winter ist aber die Zeit zu wählen, wo sich während des ganzen Tages die Temperatur unter Null erhält; denn schmilzt am Tage der Schnee oberflächlich durch die Sonnenwärme: so verdünnt dieses fast reine Schneewasser das Flufswasser mehr oder weniger. Ist der Zweck der Analyse auf die Auffindung der in geringen Quantitäten in den Flufswassern enthaltenen Bestandtheile gerichtet: so ist natürlich dazu die Zeit des niedrigsten Wasserstandes die geeigneteste. Die Zeit des höchsten Wasserstandes zur Analyse zu wählen, kann nur den Zweck haben, den Grad der Verdünnung kennen zu lernen. Ist das Wasser sehr trübe: so ist das Filtriren meist nicht hinreichend, es klar zu erhalten; denn die feinen schwebenden Theile gehen durch das Filtrirpapier. Durch langes Stehenlassen erreicht man dann die Klärung. Das Filtriren darf indefs auch dann nicht versäumt werden.

Im Folgenden habe ich die mir bekannt gewordenen Analysen von Flufswassern zusammengestellt und meine des Wassers des *Rheins*, der *Elbe*, der *Donau*, und der *Weichsel* hinzugefügt. Die Menge der Bestandtheile ist stets auf 100000 Th. Flufswasser berechnet worden.

---

Würde in diesen drei Jahreszeiten das Wasser des Ganges analysirt: so liefse sich für diesen grofsen Strom die Menge der dem Meere durch ihn in aufglöstem Zustande zugeführten Bestandtheile berechnen.

*) Da das Meereis beim Schmelzen süfses Wasser giebt: so ist zu vermuthen, dafs beim Frieren des Flufswassers die löslichen Bestandtheile ausgeschieden werden. In diesem durch Versuche aufzuklärenden Falle würde das Flufswasser, wenn es Grundeis treibt, am reichsten an Bestandtheilen sein.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| | Rhein b. Basel Herbst. | Rhein bei Strassburg. | Rhein b. Bonn März 1851. | Rhein b. Bonn März 1852. | Donau bei Wien 5. Aug. 1852. |
| Kohlens. Kalk . . | 12,79 | 13,56 | 3,24 | 9,46 | 8,37 |
| Kohlens. Magnesia . | 1,35 | 0,50 | 1,22 | 0,65 | 1,50 |
| Kieselsäure . . . | 0,21 | 4,88 | 2,05 | 0,89 | 0,49 |
| Eisenoxyd . . . . | Spur | 0,58 | 0,69 | 0,28 | 0,20 |
| Manganoxyd . . . | — | — | 0,04 | — | — |
| Thonerde . . . . | Spur | 0,25 | 0,10 | — | — |
| Schwefels. Kalk . . | 1,54 | 1,47 | | 2,38 | 0,29 |
| „ Magnesia | 0,39 | — | | 1,81 | 1,37 |
| „ Kali . . | — | — | | — | 0,20 |
| „ Natron . . | 0,18 | 1,35 | | 0,16 | |
| Chlornatrium . . . | 0,15 | 0,20 | 3,89 | 1,45 | — |
| Chlorkalium . . . | — | — | | — | Spur |
| Chlorcalcium . . . | — | — | | — | |
| Chlormagnesium . | — | — | | — | — |
| Kohlens. Natron . | — | — | — | — | — |
| Kieselsaures Kali . | — | — | — | — | — |
| Salpeters. Salze . . | — | 0,38 | — | — | — |
| Organ. Substanzen . | 0,33 | — | — | — | — |
| | 16,94 | 23,17 | 11,23 | 17,08 | 12,42 |
| Directe Bestimmung | — | — | — | — | 14,14 |

No. 1. Paggenstecher. Meine Wärmelehre des Innern unsers Erdkörpers S. 124.

No. 2. Deville. Ann. de chem. et de phys. 1848. T. XXIII. P. 32.

No. 3. Bischof. Der *Rhein* war sehr angeschwollen und das Wasser sehr trübe. Die in reinem Wasser löslichen Bestandtheile wurden nicht analysirt, sondern ihre Menge nur überhaupt bestimmt.

No. 4. Bischof. Der *Rhein* war sehr niedrig, und das Wasser von normaler Klarheit.

No. 5. Bischof. Die *Donau* war ziemlich klar, der Wasserstand 2 Fuss über Null am Pegel, die Temperatur des Wassers 18° R. Die Differenz zwischen der directen Bestimmung und der Summe der Bestandtheile ist hauptsächlich den organischen Substanzen zuzuschreiben, welche nicht direct bestimmt wurden. Der kohlensaure Kalk zeigte

| | 6 Elbe b. Hamburg 1. Juni 1852. | 7 Maas bei Hocht | 8 Maas bei Bocholt. | 9 Maas bei Pierre-Bleue | 10 Maas bei Arendonck. |
|---|---|---|---|---|---|
| Kohlens. Kalk | 6,98 | 13,69 | 12,55 | 4,98 | 3,21 |
| „ Magnesia | 0,39 | 2,70 | 2,41 | 0,89 | 0,55 |
| Kieselsäure | 0,54 | 2,00 | 1,82 | 1,04 | 0,28 |
| Eisenoxyd | } 0,12 | } 0,50 | — | — | — |
| Manganoxyd | | | 0,50 | 0,24 | 0,23 |
| Thonerde | | | — | — | — |
| Schwefels. Kalk | } 0,72 | 1,22 | 1,36 | 2,03 | 1,24 |
| „ Magnesia | | 0,43 | 0,30 | 0,21 | 0,12 |
| „ Kali | — | — | — | — | — |
| „ Natron | — | — | — | — | — |
| Chlornatrium | } 3,94 | 1,50 | 1,40 | 1,00 | 0,92 |
| Chlorkalium | | — | — | — | — |
| Chlorcalcium | | — | — | — | — |
| Chlormagnesium | | — | — | — | — |
| Kohlens. Natron | — | — | — | — | — |
| Kieselsaures Kali | — | — | — | — | — |
| Salpeters. Salze | — | — | — | — | — |
| Organ. Substanzen | — | Spur | Spur | Spur | — |
| | 12,69 | 22,04 | 20,34 | 10,39 | 6,55 |

deutliche Spuren von Strontianerde. Alkalien waren nicht zu entdekken; die angegebenen schwefelsauren Alkalien wurden aus dem Schwefelsäure-Ueberschufs berechnet. Die geringe Menge präcipitirten Chlorsilbers ging zufällig verloren.

No. 6. Bischof. Die *Elbe* war trübe, der Wasserstand $7\frac{1}{4}$ Fuss bei Westwind, die Temperatur des Wassers 12° R. Eine halbe Stunde vor dem Schöpfen des Wassers war die Ebbe eingetreten. Die ganze Menge des Rückstandes nach dem Abdampfen des Wassers betrug nur 8,5 Gran; die Bestimmung der in geringen Mengen vorkommenden Bestandtheile konnte daher keine genauen Resultate geben. Die geringe Menge präcipitirten Chlorsilbers ging wieder zufällig verloren.

No. 7—10. Chandelon. Annales des travaux publics T. IX. P. 201.

| | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|---|---|---|---|---|---|
| | Rhone bei Genf 30. April. | Rhone bei Lyon Juli. | Rhone bei Lyon Febr. | Genfersee. | Garonne bei Toulouse 16. Juli |
| Kohlens. Kalk . . | 7,89 | 10,00 | 15,00 | 7,2 | 6,45 |
| „ Magnesia | 0,49 | — | — | 0,7 | 0,34 |
| Kieselsäure . . . | 2,38 | Spur | — | 0,1 | 4,01 |
| Eisenoxyd . . . | — | — | — | — | 0,31 |
| Manganoxyd . . | — | — | — | — | 0,30 |
| Thonerde . . . | 0,39 | — | — | — | — |
| Schwefels. Kalk . | 4,66 | 0,60 | 2,00 | 2,6 | — |
| „ Magnesia | 0,63 | Spur | 0,70 | 3,1 | — |
| „ Kali . . | — | — | — | — | 0,76 |
| „ Natron . | 0,74 | — | — | — | 0,53 |
| Chlornatrium . . | 0,17 | Spur | } 0,70 | — | 0,32 |
| Chlorkalium . . | — | Spur | | — | — |
| Chlorcalcium . . | — | Spur | | 0,9 | — |
| Chlormagnesium . | — | — | | — | — |
| Kohlens. Natron . | — | — | — | — | 0,65 |
| Kieselsaures Kali . | — | — | — | — | — |
| Salpeters. Salze . | 0,85 | — | Spur | — | — |
| Organ. Substanzen | — | Spur | Spur | 0,6 | — |
| | 18,20 | 10,60 | 18,40 | 15,2 | 13,67 |

No. 11. Deville. a. a. O.
No. 12. Boussingault in dessen Agricultur-Chemie Bd. II.
No. 13. Dupasquier. Ebend.
No. 14. Tingry. Ebend.
No. 15. Deville. a. a. O.

| | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|
| | Loire bei Orleans | Seine bei Beroy 17. Juni. | Seine oberhalb Paris | Themse bei Greenwich 1. Jan. | Themse bei Twickenham 16. Dec. 1847. |
| Kohlens. Kalk . | 4,81 | 16,35 | 11,3 | 20,54 | 18,23 |
| „ Magnesia | 0,61 | 0,27 | 0,4 | — | 1,47 |
| Kieselsäure . . | 4,06 | 2,44 | 0,5 | 1,13 | 0,39 |
| Eisenoxyd . . . | 0,55 | 0,25 | — | Spur | Spur |
| Manganoxyd . . | — | — | — | — | — |
| Thonerde . . . | 0,71 | 0,05 | — | — | Spur |
| Schwefels. Kalk . | — | 2,69 | 3,6 | 2,84 | 3,70 |
| „ Magnesia | — | — | 0,6 | 2,85 | — |
| „ Kali . | — | 0,50 | — | 1,96 | 0,95 |
| „ Natron | 0,34 | 1,23 | — | 0,21 | — |
| Chlornatrium . . | 0,48 | — | — | 4,44 | 2,34 |
| Chlorkalium . . | — | — | — | — | — |
| Chlorcalcium . . | — | — | 1,0 | — | — |
| Chlormagnesium . | — | — | 0,8 | — | — |
| Kohlens. Natron . | 1,46 | — | — | — | — |
| Kieselsaures Kali . | 0,44 | — | — | — | — |
| Salpeters. Salze . | — | 1,46 | Spur | — | — |
| Organ. Substanzen | — | — | Spur | 5,82 | 4,97 |
| | 13,46 | 25,24 | 18,2 | 39,79 | 32,05 |

No. 16. Deville. a. a. O.

No. 17. Deville. a. a. O.

No. 18. Bouchardat. Boufsingaults - Agricultur - Chemie.

No. 19. Bennett. Quat. Chem. Journ. T. II P. 199. Die als Bestandtheile aufgeführten Chlorcalcium, Chlormagnesium und schwefelsaures Natron wurden auf Chlornatrium, schwefelsauren Kalk und schwefelsaure Magnesia reducirt.

No. 20. Clark. Ebend. T. II. P. 76. Auch hier wurden Chlorcalcium und schwefelsaures Natron auf Chlornatrium und schwefelsauren Kalk reducirt.

| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
|---|---|---|---|---|---|
| | Themse bei Lond.-Bridge 13. Oct. 1848 | Themse, Ditton. | Themse bei Kew | Themse bei Barnes | Themse bei Red-House, Battersea. |
| Kohlens. Kalk . | 11,56 | 16,84 | 15,57 | 14,20 | 13,26 |
| „ Magnesia | — | 1,81 | 1,67 | 1,66 | 1,54 |
| Kieselsäure . . | 0,18 | 0,89 | 0,63 | 1,43 | 1,01 |
| Eisenoxyd . . . | Spur | 0,13 | 0,96 | 1,09 | 0,41 |
| Manganoxyd . . | — | — | — | — | — |
| Thonerde . . . | Spur | — | — | — | — |
| Schwefels. Kalk . | 4,56 | 4,37 | 4,66 | 6,83 | 8,01 |
| „ Magnesia | — | — | — | — | — |
| „ Kali . | — | 0,24 | 0,87 | 0,69 | — |
| „ Natron | — | — | 0,26 | — | — |
| Chlornatrium . . | 3,65 | 1,57 | 2,00 | 2,69 | 2,10 |
| Chlorkalium . . | 0,33 | 0,96 | — | — | 0,79 |
| Chlorcalcium . . | 6,24 | — | — | — | — |
| Chlormagnesium . | — | — | — | — | — |
| Kohlens. Natron . | — | — | — | — | — |
| Kieselsaures Kali . | — | — | — | — | — |
| Salpeters. Salze . | — | 0,39 | Spur | Spur | Spur |
| Organ. Substanzen | 10,00 | 3,27 | 4,39 | 3,93 | 3,40 |
| | 36,52 | 30,47 | 31,01 | 32,52 | 30,52 |
| Directe Bestimmung | — | 29,69 | 31,03 | 32,39 | 30,40 |
| Schwebende Theile | — | — | 0,01 | 0,03 | — |

No. 21. Ashlay. Ebend. T. I. P. 158. Das Wasser wurde ½ Stunde nach dem höchsten Wasserstande der Fluth geschöpft. Diese Analyse ist gewifs nicht richtig. Selbst nachdem das Chlorcalcium und das schwefelsaure Natron auf Chlornatrium und schwefelsauren Kalk reducirt worden, blieb doch noch die ungewöhnliche Menge von 6,24 Chlorcalcium übrig. Die beiden vorhergehenden Analysen, so wie die folgenden, geben aber diesen Bestandtheil gar nicht an.

No. 22—27. Graham, Miller and Hofmann. Report by the Goverment Commission on the chemical quality of the supply of water to the Metropolis. London 1851.

| | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|---|---|---|---|---|---|
| | Themse bei Red-House, Battersea. | Themse bei Lambeth. | Exe bei Exeter. | Weichsel bei Culm 4. März 1853. | Weichsel bei Schwetz 1. April 1853. |
| Kohlens. Kalk . | 15,10 | 12,84 | 1,28 | 11,94 | 11,53 |
| „ Magnesia | 1,84 | 2,05 | 0,09 | 1,90 | unlös- |
| Kieselsäure . . . | 1,09 | 1,49 | Spur | 0,80 | liche |
| Eisenoxyd . . . | 0,49 | 1,21 | — | } 0,11 | Be- |
| Manganoxyd . . | — | — | — | | stand- |
| Thonerde . . . | — | — | — | | theile |
| Schwefels. Kalk . | 4,36 | 4,27 | 4,34 | 1,03 | 1,99 |
| „ Magnesia | — | — | 0,23 | 1,20 | lös- |
| „ Kali . | 1,91 | 1,36 | — | — | liche |
| „ Natron | — | — | 0,11 | — | Be- |
| Chlornatrium . . | 2,84 | 2,79 | 6,05 | 0,70 | stand- |
| Chlorkalium . . | — | — | — | 0,13 | theile |
| Chlorcalcium . . | — | — | Spur | — | — |
| Chlormagnesium . | — | — | 0,91 | — | — |
| Kohlens. Natron . | — | — | — | — | — |
| Kieselsaures Kali . | — | — | — | — | — |
| Salpeters. Salze . | 0,50 | Spur | 0,23 | — | — |
| Organ. Substanzen | 2,20 | 3,70 | 2,30 | 2,24 | — |
| | 30,33 | 29,71 | 15,54 | 20,05 | 13,52 |
| Directe Bestimmung | 30,11 | 29,14 | — | 20,35 | — |
| Schwebende Theile | 2,74 | 1,64 | — | 5,82 | 2,53 |

Diese neun Analysen des Themse-Wassers geben eine gröfsere Menge Chlornatrium, als sie in andern Flufswassern gefunden wurde; est ist daher nicht zu zweifeln, dafs dieses Salz grofsentheils von der Vermischung mit Meerwasser zur Zeit der Fluth herrührte. Auch der schwefelsaure Kalk ist sehr vorherrschend; ein Theil desselben mag daher denselben Ursprung haben. Auffallend ist indefs, dafs nur No. 19 schwefelsaure Magnesia nachweiset, und dafs Chlormagnesium in keiner dieser Analysen angegeben ist. Sollten vielleicht, weil in No. 22—27 schwefelsaure Alkalien als Bestandtheile auftreten, die Magnesiasalze durch kohlensaure Alkalien, welche in den Abflüssen aus chemischen Fabriken von London und seinen Umgebungen in grofser Menge in die Themse kommen, zersetzt werden?

Bemerkenswerth ist, dafs die Analysen No. 22—27 8,25 bis 11,88 Th. freie Kohlensäure in 100000 Th. Wasser angeben. Es könnten also noch viel gröfsere Quantitäten kohlensauren Kalks, als gefunden wurden, aufgelöfst werden.

No. 28. Th. J. Herapath. Chem. Gazette 1848. P. 429. Der bedeutende Gehalt an Chlornatrium und schwefelsaurem Kalk und die geringe Menge kohlensauren Kalks zeigen deutlich, dafs dieses Flufswasser mit vielem Meerwasser gemischt war.

No. 29. Bischof. J. Ammon, Apotheker in *Culm*, hatte die Güte 84 Med. Pfund Wasser aus der *Weichsel* abzudampfen, und mir den hellbraunen Rückstand zur Analyse zu senden. Die Temperatur des Wassers beim Schöpfen war 0° und der Wasserstand 5 Fufs 7 Zoll. Dieser war überhaupt im Jahre 1852 und im darauf folgenden Winter ein ungewöhnlich niedriger. Als im Februar 1853 Frostkälte eintrat, bildete sich zwar eine Eisdecke auf dem Strome; ganze Strecken desselben blieben aber frei vom Eise. An einer offnen Stelle wurde das Wasser zur Analyse am 4. März geschöpft. Es ist daher anzunehmen, dafs zu dieser Zeit der Gehalt an Bestandtheilen das Maximum erreicht haben möchte. Da indefs vor dem Schöpfen in dortiger Gegend viel Schnee gefallen war und darauf schöne warme Tage eintraten: so schmolz der Schnee bei Tage, wodurch der *Weichsel* viel Schneewasser zugeführt wurde. Dieses Wasser war bedeutend, wie Ammon daraus schlofs, dafs der Strom bei *Graudenz*, das nur 4 Meilen stromabwärts entfernt ist, mehrere Fuss höher stand, als bei *Culm*. Daher vermuthete er, dafs das Wasser an Bestandtheilen doch ärmer gewesen sein möchte, als bei gleich niedrigem Wasserstande im Sommer.

Auffallend ist die bedeutende Menge an organischen Bestandtheilen. Dieselbe ist übrigens jeden Falls zu gering bestimmt worden; denn die Flüssigkeit vom Auslaugen des Rückstandes war gefärbt wie Madera-Wein, die Auflösung des unlöslichen Rückstandes in Salzsäure war dunkelgelb, und alle Niederschläge waren nach dem Erhitzen grau, selbst schwarz. Die Differenz zwischen der directen Bestimmung und der Summe der ausgeschiedenen Bestandtheile rührt gewifs gröfsten Theils von zerstörten organischen Substanzen her: so dafs der ganze Betrag derselben auf 2,54 steigen wird. Diese bedeutende Menge organischer Substanzen rührt wohl meist davon her, dafs die *Weichsel* in ihrem Laufe durch weite Strecken uncultivirten Landes fliefst, und daher, wie die grofsen Ströme *America's*, viele faulende organische Ueberreste aufnimmt. Im Kap. IV. werden wir sehen, dafs auch die schwebenden Theile des Wassers der *Weichsel* sehr reich an organischen Ueberresten waren.

Der in diesem Wasser aufgelöste kohlensaure Kalk zeigte eine sehr deutliche Reaction auf Strontian. Als die geglühten löslichen Bestandtheile zur Sonderung von der kohligen Masse ausgelaugt wurden,

| | 31 Dee b. Aberdeen Sept. 1850. | 32 Don b. Aberdeen. | 33 Lütschine bei Grindelwald Herbst. | 34 Möll b. Heiligenbl. 3844 F. ü.d.Meere. | 35 Oetz bei Vent 5791 F. über dem Meere. |
|---|---|---|---|---|---|
| Kohlens. Kalk . . | 1,22 | 3,11 | 4,05 | 0,84 | 0,450 |
| „ Magnesia | — | — | 0,19 | 0,35 | 0,005 |
| Kieselsäure . . | 0,20 | 0,86 | 0,35 | 0,72 | 0,868 |
| Eisenoxyd . . . | — | — | — | 0,10 | — |
| Manganoxyd . . | — | — | — | 0,32 | — |
| Thonerde . . . | — | — | 0,10 | Spur | Spur |
| Schwefels. Kalk . | 0,17 | 0,24 | 3,07 | | 1,301 |
| „ Magnesia | 0,46 | 1,43 | 1,49 | | Spur |
| „ Kali . . | — | — | — | Spur | — |
| „ Natron . | — | — | 0,73 | | — |
| Chlornatrium . . | 0,96 | 1,89 | — | 0,09 | 0,043 |
| Chlorkalium . . | | | | | |
| Chlorcalcium . . | — | — | — | — | — |
| Chlormagnesium . | — | — | — | — | — |
| Phosph.Kalk u.Eisen | 0,11 | 0,54 | — | — | — |
| Salpeters. Salze . | — | — | — | — | — |
| Organ. Substanzen | 2,60 | 4,28 | — | — | — |
| Schwebende Theile | — | — | — | 0,19 | 0,853 |
| | 5,72 | 12,35 | 9,98 | 2,61 | 3,520 |

zeigte das Wasser eine deutliche alkalische Reaction. Die Gegenwart der schwefelsauren Erdsalze im Wasser macht es sehr schwierig, die Ursache dieser Reaction aufzufinden.

No. 30. Bischof. Mein Freund, Assessor Jos. Ziegler, war so gefällig, Wasser aus der *Weichsel*, vier Wochen später bei *Schwetz*, *Culm* gegenüber, zu schöpfen, und mir davon 12 Pfd. zuzusenden. Durch das Eis, welches damals noch ganz fest stand, wurde an einer Stelle, wo Strömung war, ein Loch geschlagen und das Wasser geschöpft. Die Temperatur war 0°, und das Wasser war etwas trübe. Als es in *Bonn* ankam, hatte sich ein brauner Absatz gebildet; nach einigen Wochen war es aber ganz klar geworden. Da die Menge des Wassers zu einer vollständigen Analyse zu gering war: so habe ich mich blofs auf die Bestimmung der löslichen und unlöslichen Bestandtheile und der schwebenden Theile beschränkt. Es erscheint auffallend, dafs die Bestandtheile in diesem Wasser nur $\frac{2}{3}$ so viel, als in

dem am 4. März geschöpften betrugen. Da aber nach Ammon's Mittheilungen wenige Tage nachher der Strom in Folge einer Eis-Stopfung sehr bedeutend anschwoll, und bald darauf wieder starker Frost eintrat, so dafs nicht blofs das alte Eis stehen blieb, sondern sich eine neue Eisdecke bildete: so mag das am 1. April für die zweite Analyse geschöpfte Wasser zwischen den beiden Eisdecken genommen worden sein. Dieses Wasser würde aber vorzugsweise von dem in der Zwischenzeit angeschwollenen Strom hergerührt haben, und daher mit vielem Schneewasser verdünnt gewesen sein. Der Wasserstand des Stroms war auch anfangs April über 7 Fufs. Solche Umstände verdienen Berücksichtigung, wenn bei künftigen Analysen das Wasser der Flüsse zur Winterszeit geschöpft wird, um das Maximum der Bestandtheile zu finden.

No. 31. John Smith. Chem. Gazette 1841. P. 157. Die Quellen des *Dee* liegen mitten im Granit. Das Wasser ist drei Tage nach einem starken Regen geschöpft worden.

No. 32. J. Smith. Ebend. Der *Don* fliefst auch über Granit, aber häufiger über Kalkstein in seinem weiteren Laufe als der *Dee*. Das Wasser ist etwa 1 Meile vor seinem Einflusse in das Meer geschöpft worden. Eine weiter aufwärts gesammelte Probe enthielt weniger feste Bestandtheile.

No. 33. Paggenstecher a. a. O. Die *Lütschine* kommt aus dem untern *Grindelwald*-Gletscher und fliefst in die *Aar*.

No. 34. Schlagintweit, Herman und Adolph, Untersuchungen über die physikal. Geographie der *Alpen*. 1850. P. 298. Die *Möll* kommt aus dem *Pastern*-Gletscher und fliefst in die *Drau* bei *Möllenbruck*.

No. 35. Schlagintweit. Ebend. Die *Oetz* ein beträchlicher Gletscher-Bach, kommt aus dem *Hintereis*- *Hochjoch*- und *Vernagt*-Gletscher und fliefst 5½ Meilen oberhalb *Innsbruck* in den *Inn*.

Diese beiden Flüsse entspringen in der Kette krystallinischer Schiefer.

| | 36 Aar bei Bern Herbst. | 37 Arve August. | 38 Arve Febr. | 39 Doubs. | 40 Marne. |
|---|---|---|---|---|---|
| Kohlens. Kalk . . | 15,22 | 5,2 | 8,3 | 19,10 | 10,5 |
| „ Magnesia | 1,68 | 0,4 | 1,2 | 0,23 | 0,9 |
| Kieselsäure . . . | 0,27 | 0,1 | 0,2 | 1,59 | 0,6 |
| Eisenoxyd . . . | Spur | — | — | Spur | — |
| Manganoxyd . . . | — | — | — | — | — |
| Thonerde . . . . | — | — | — | — | — |
| Schwefels. Kalk . | 1,74 | 3,2 | 6,5 | — | 3,1 |
| „ Magnesia | 2,60 | 2,9 | 6,2 | — | 1,2 |
| „ Kali . | — | — | — | — | — |
| „ Natron . | 0,09 | — | — | 0,51 | — |
| Chlornatrium . . | } 0,03 | — | — | 0,23 | — |
| Chlorkalium . . . | | — | — | — | — |
| Chlorcalcium . . | — | — | — | — | — |
| Chlormagnesium . | — | 0,7 | 1,5 | 0,05 | 1,7 |
| Phosph. Kalk u. Eisen | — | — | — | — | — |
| Salpeters. Salze | — | — | — | 0,80 | — |
| Organ. Substanzen | Spur | 0,3 | 0,4 | — | Spur |
| Schwebende Theile | — | — | — | — | — |
| | 21,63 | 12,8 | 24,3 | 22,51 | 18,0 |

No. 36. Paggenstecher. a. a. O.

No. 37—38. Tingry, Boufsingault. Agric. Die *Arve* nimmt alle Gletscherwasser des *Chamounithales* auf.

No. 39. Deville. a. a. O.

No. 40—42. Bouchardat, Boufs. Agric.

| | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 |
|---|---|---|---|---|---|
| | Therouenne. | Gergogne | Bievre bei Paris. | Ouroy bei St. Denis. | Yonne bei Avallon |
| Kohlens. Kalk . . | 26,2 | 18,0 | 13,6 | 17,5 | 4,3 |
| „ Magnesia . | — | — | — | 2,0 | — |
| Kieselsäure . . . | — | — | — | 2,0 | 1,9 |
| Eisenoxyd . . . | — | — | — | — | — |
| Manganoxyd . . . | — | — | — | — | — |
| Thonerde . . . . | — | — | — | — | — |
| Schwefels. Kalk . . | 2,0 | 1,5 | 25,1 | 15,3 | Spur |
| „ Magnesia | — | — | — | 7,0 | — |
| „ Kali . . | — | — | — | — | — |
| „ Natron . | — | — | — | — | — |
| Chlornatrium . . . | — | 0,9 | 1,2 | — | — |
| Chlorkalium . . . | — | — | — | — | — |
| Chlorcalcium . . . . | 3,6 | 1,5 | 10,9 | 4,0 | 1,5 |
| Chlormagnesium . | | | | — | Spur |
| Phosph. Kalk u. Eisen | — | — | — | — | — |
| Salpeters. Salze . . | — | — | — | Spur | — |
| Organ. Substanzen . | — | — | — | Spur | Spur |
| Schwebende Theile | — | — | — | — | — |
| | 31,8 | 21,9 | 50,8 | 47,8 | 7,7 |

No. 43—46. Colin. Ebend.

| | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |
|---|---|---|---|---|---|
| | Beuvronne. | Vesle b. Chateau-d'Eau 23. Jan. 1849. | Vesle b. Chateau-d'Eau 12. Juni 1849. | Vesle b. Saint Brice 18. Juni 1849. | Suippe |
| Kohlens. Kalk . . | 25,7 | 16,55 | 16,43 | 17,47 | 15,72 |
| „ Magnesia | — | — | — | — | — |
| Kieselsäure . . . | — | 0,18 | 0,18 | 0,16 | 0,25 |
| Eisenoxyd . . . | — | 0,36 | 0,42 | 0,52 | 0,53 |
| Manganoxyd . . . | — | — | — | — | — |
| Thonerde . . . . | — | 0,11 | 0,12 | 0,14 | 0,20 |
| Schwefels. Kalk . . | 20,3 | — | — | — | — |
| „ Magnesia | — | — | — | — | — |
| „ Kali . . | — | 0,27 | 0,27 | 1,36 | 0,37 |
| „ Natron . | — | — | — | — | — |
| Clornatrium . . . | } 8,5 | 0,56 | 0,59 | 0,95 | 0,59 |
| Chlorkalium . . . | | 0,22 | 0,30 | 0,33 | 0,38 |
| Chlorcalcium . . . | | — | — | — | — |
| Chlormagnesium . | — | — | — | — | — |
| Phosph. Kalk u. Eisen | — | — | — | — | — |
| Salpeters. Salze . | — | — | — | 0,18 | — |
| Organ. Substanzen | — | 0,79 | 0,82 | 0,72 | 1,07 |
| Schwebende Theile | — | — | — | — | — |
| | 54,5 | 19,04 | 19,13 | 21,83 | 19,11 |

No. 47—49. Maumené. Compt. rend. T. XXXI. P. 270. Dieser Chemiker fand alle Flufswasser in der Gegend von *Rheims* frei von Magnesia.

No. 50. Maumené. Ebend.

Diese vier Flüsse ergiefsen sich in die *Seine*.

Da die Flüsse 1 bis 30 sich unmittelbar in's Meer ergiefsen: so bieten sie einen Mafsstab für die mineralischen Bestandtheile dar, welche im aufgelösten Zustande dem Meer zugeführt werden.

Die Menge der aufgelösten Bestandtheile des Wassers der *Maas* vermindert sich bedeutend mit der Entfernung von *Hocht*; dagegen beträgt die der schwefelsauren Kalkerde in dem Wasser bei *Pierre-Bleue* ungefähr 3 Mal so viel als in dem bei *Hocht* und bei *Bocholt*, welches, nach Chandelon, wahrscheinlich der Nachbarschaft der Braunkohlen oder anderer Eisenkies-haltiger Gesteine zuzuschreiben ist. Woher jene bedeutende Verminderung rührt, darüber erklärt er sich nicht.

Herman und Adolph Schlagintweit (a. a. O.) fanden in der aus Kalkstein entspringenden Quelle der *Drau* bei *Innichen* (in 4198 F. Meereshöhe) 68,14 mineralische Bestandtheile in 100000 Wasser, und bemerken, dafs dieser Flufs bald nach seinem Ursprunge Kalktuff absetzt. Sollten diese Bestandtheile ganz oder gröfstentheils aus kohlensaurem Kalk bestehen: so könnte man sich wohl diesen Absatz erklären; denn das Wasser würde dann nahe mit kohlensaurem Kalk gesättigt sein.

Sehr weit von diesem Sättigungszustande entfernt sind nachbenannte Flüsse, welche im Kalkgebirge entspringen.

100000 Th. Wasser enthalten kohlens. Kalk.

| | | |
|---|---|---|
| der *Ammer* | 43 | Schübler in Kastners Archiv B. V. S. 12. |
| des *Neckar* | 45,6 | |
| der *Pader* | 25,3 | Bischof. |
| der *Lippe* | 22,6 | |
| der *Alme* | 18,0 | |

Aus vorstehenden Analysen ergeben sich folgende Resultate:

1) Unter allen mineralischen Bestandtheilen dieser Flüsse kommt stets der kohlensaure Kalk in gröfster Menge vor; nur die *Exe* macht eine Ausnahme, welches indefs, wie schon bemerkt worden, ohne Zweifel von der Beimischung von Meerwasser herrührt. In der *Loire* beträgt er 35, in der *Themse* 43—57, im *Genfersee* 47, in der *Elbe* 55, in der

*Maas* 48 bis 62, im *Rhein* bei gewöhnlichem Wasserstande 55 bis 75, in der *Weichsel* 60, in der *Donau* 67, in der *Aar* und in der *Seine* 75, und in der *Rhone* bei *Lyon* 82 bis 94 Proc. von allen mineralischen Bestandtheilen. Die mächtigen Kalkgebirge, welche die meisten dieser Flüsse durchströmen, erklären diese bedeutenden Mengen kohlensaurer Kalkerde. Die Wasser des *Rheins*, der *Maas*, der *Rhone* und der *Seine* zeigen, wie sehr dieses Carbonat bei verschiedenen Wasserständen variirt.

Es ist interessant zu sehen, wie gerade dieser Bestandtheil der Flüsse, von dem wir entschieden wissen, dafs ihn die Muschelthiere aus dem Meerwasser immerfort abscheiden, demselben in gröfster Menge zugeführt wird. Nimmt man 9,46 kohlensauren Kalk für das jährliche Mittel im Rheinwasser: so findet sich nach Hagen's Ermittelung der bei *Emmerich* vorbeiströmenden Wassermasse dieses Stroms, dafs er so viel kohlensauren Kalk dem Meere zuführt, dafs jährlich 332539 Millionen Austern von gewöhnlicher Gröfse ihre Schalen davon bauen können.

2) Die im Verhältnisse zum kohlensauren Kalk nur in geringer Menge in den Flüssen vorkommende kohlensaure Magnesia entspricht der geringen Menge, in welcher sich dieses Carbonat in der Regel in den Kalksteinen findet. Wo die Flufsgebiete Dolomit und dolomitischen Kalkstein durchschneiden, da tritt die kohlensaure Magnesia in etwas gröfserer Menge in den Flüssen auf. So finden wir dolomitischen Kalkstein in den *Berner Alpen*, in *Bündten* und in den Umgebungen des *Montblanc*, und daher tritt auch die kohlensaure Magnesia in der *Aar*, im *Rhein* und in der *Arve* etwas mehr hervor. Aber selbst dann, wenn Quellen und Flüsse ganz im Dolomit entspringen, dürfte ihr Gehalt an kohlensaurem Kalk gegen den der kohlensauren Magnesia doch stets vorherrschend sein, weil, nach meinen Versuchen, Kohlensäure-haltendes Wasser aus dolomitischen Kalksteinen gar keine oder doch nur schwache Spuren kohlensaurer Magnesia auszieht (Bd. II. S. 1177).

3) In den sich unmittelbar in das Meer ergiefsenden Strömen tritt unter den Salzen der schwefelsaure Kalk, nächst dem kohlensauren Kalk in gröfster Menge auf. Nur in eini-

gen kleinen Flüssen, wie in 15, 16, 34, 39, 47 bis 50 fehlt dieses Salz. Wir würden es in gröfserer Menge als den schwerer löslichen kohlensauren Kalk finden, wenn nicht Gypsgebirge im Verhältnisse zu den Kalkgebirgen nur in sehr untergeordneten Massen vorkämen. Wo, wie im Flufsgebiete des *Ourcy*, des *Bievre* und der *Beuvronne*, die Gypsgebirge sehr hervortreten, da kommt auch der Gehalt an schwefelsaurem Kalk dem des kohlensauren Kalk sehr nahe, oder übertrifft ihn sogar. Die im Verhältnisse zum kohlensauren Kalk so bedeutende Menge schwefelsauren Kalks in der *Arve* findet ihren Ursprung in den Gypsmassen auf der Westseite des *Montblanc* und in *Chamouni* *). Der in der *Rhone* bei *Genf*, so wie im *Genfersee* hervortretende schwefelsaure Kalk findet gleichfalls seinen Ursprung in den, die Schiefer begleitenden Gypsmassen in *Wallis* aufwärts bis zum *Gotthard* **). Woher der im Verhältnisse zum kohlensauren Kalk so bedeutende Gehalt an schwefelsaurer Kalkerde im Wasser der *Lütschine* rührt, scheint durch geognostische Untersu-

*) B. Studer Geologie der *Schweiz*. B. I. S. 411.

**) Ebend. Die viel geringere Menge schwefelsaurer Kalkerde in dem Wasser der *Rhone* bei *Lyon*, als bei *Genf* scheint auf einer ungenauen Bestimmung zu beruhen; denn da sich dieses Salz durch die *Arve* in diesem Flusse noch vermehrt: so ist nicht zu vermuthen, dafs er durch die viel weniger wasserreiche *Saone* so verdünnt werden sollte, dafs der Gehalt an schwefelsaurem Kalk bedeutend abnehmen könnte. Auch die Vergleichung der Verhältnisse der schwefelsauren Kalkerde mit denen der schwefelsauren Magnesia in den drei Analysen des *Rhonewassers* und der Analyse des Wassers des *Genfersee's* zeigt solche Differenzen, dafs man auf Fehler in der Bestimmung dieser schwefelsauren Salze schliefsen mufs. Darf man der Analyse No. 11. das meiste Vertrauen schenken, so ist zu schliefsen, dafs das in derselben angegebene Verhältnifs der schwefelsauren Kalkerde zur schwefelsauren Magnesia auch im Wasser des *Genfersee's* statt finden werde. Da die Veränderungen im Wasserstande dieses See's jährlich nur 5 bis 6 Fufs betragen, da diese Veränderungen im Verhältnisse zu seiner bis auf 950 Fufs steigenden Tiefe verschwinden: so wird die gröfsere oder geringere Menge an mineralischen Bestandtheilen, welche ihm durch die *Rhone* zugeführt wird, seinen Gehalt nicht merklich ändern.

chungen noch nicht nachgewiesen zu sein. Ebel *) fand jedoch am Rande des grofsen Gletschers bei *Grindelwald* einen sehr schönen Alabaster. Jeden Falls mufs der Kalkstein unter diesem Gletscher bedeutende Massen von Gyps enthalten **). Die schwefelsaure Kalkerde findet sich auch noch in beträchtlicher Menge in der *Aar* bei *Bern*, welches dem Vorkommen des Gyps am *Thunersee*, der sich von hier aus unter der Kette des *Niesen* fortzieht ***), entspricht. Der schwefelsaure Kalk im *Rhein*-Wasser wird wohl nicht blofs durch die *Aar* zugeführt, sondern rührt auch vom Gyps in *Graubünden* her †).

4) Auffallend ist der bedeutende Gehalt an schwefelsaurer Magnesia in mehreren der angeführten Flüsse, wie in der *Aar* und in der *Arve*. Wenn auch dieser Gehalt zum Theil von einer ungenauen Scheidung der Kalkerde von der Magnesia herrühren möchte: so hat doch auch die Analyse des *Rhein*-Wassers No. 4, wobei ich alle Sorgfalt auf die Scheidung beider Erden von einander gerichtet habe, eine Menge schwefelsaurer Magnesia geliefert, welche der der schwefelsauren Kalkerde sehr nahe kommt. Im Wasser der *Donau* übertrifft sogar die Menge der ersteren die der letzteren. Auf der anderen Seite ist die gänzliche Abwesenheit der schwefelsauren Magnesia in den Analysen des *Themse*-Wassers No. 22—27, deren nahe übereinstimmende Resultate auf eine sehr sorgfältige Ausführung derselben schliefsen lassen, sehr bemerkenswerth.

---

*) Anleitung die Schweiz zu bereisen. Zweite Ed. T. II. P. 430.

**) In den Morainen der Gletscher kann man häufig die Gesteine von den höchsten unzugänglichen Felsen der Centralkette kennen lernen. Von den unter den Gletschern verborgenen Gesteinen finden sich aber nur zermalmte Brocken, Sand und Grufs in dem Bette der Gletscherbäche. Hier kann die chemische Analyse der Gletscherbäche die geognostischen Untersuchungen ergänzen. Durch sie ist namentlich zu ermitteln, ob Gyps und andere leichtlösliche Salze in der Unterlage der Gletscher vorhanden sind.

***) Ebel a. a. O. B. III. S. 253.

†) Studer a. a. O.

5) Die Menge der Chlorüre, welche durch die Flüsse dem Meere zugeführt werden, ist, wenn man die *Themse* und die *Exe*, deren gröfserer Gehalt an diesen Salzen offenbar vom Meerwasser herrührt, ausnimmt, sehr gering *). Sie gelangen daher in viel geringerer Menge in das Meer, und mehren sich in demselben in viel geringerem Verhältnisse als der schwefelsaure Kalk und die schwefelsaure Magnesia. Auch die schwefelsauren Alkalien, welche dem Meere zugeführt werden, wandeln sich durch dessen Chlormagnesium in schwefelsaure Magnesia um.

6) Da kohlensaure Alkalien so häufige Bestandtheile der Quellen, und, besonders in Mineralquellen, oft die vorwaltenden sind, da aber unter den analysirten Flufswassern kohlensaures Natron nur in der *Garonne* gefunden wurde: so haben die den übrigen Flüssen zugeführten kohlensauren Alkalien die erdigen Salze (schwefelsauren Kalk, schwefelsaure Magnesia, Chlorcalcium und Chlormagnesium) theilweise zersetzt.

7) Da ein Silicat nur in der *Loire* angeführt ist, Kieselsäure aber in allen Flufswassern vorkommt: **) so ist mit gutem Grunde zu vermuthen, dafs sich Silicate in allen finden und dem Meere zugeführt werden.

8) Die Menge der organischen Substanzen, welche in das Meer durch die Flüsse gelangen, ist nicht unbedeutend,

*) Wenige kleine Flüsse, welche besonders reich an Kochsalz und anderen Chlorüren sind, machen eine Ausnahme von dieser Regel. Diese Flüsse ergiefsen sich aber selten unmittelbar in das Meer.

**) Die gröfsten Mengen Kieselsäure finden sich in den Analysen von Deville, und in meiner Analyse des *Rheinwassers*. Da die mittlere Menge Kieselsäure in jenen Analysen sehr nahe mit der mittleren mehrerer Quell- und Brunnenwasser, welche gleichfalls von Deville analysirt wurden, übereinstimmt: so kann der viel geringere oder gar fehlende Kieselsäure-Gehalt in den anderen Flufswassern nur von einer fehlerhaften Bestimmung herrühren. Es ist klar, dafs nur nach anhaltendem Regen oder nach dem Schmelzen des Schnee's dieser Gehalt in den Flüssen unter den der Quellen herabsinken kann.

wie diefs namentlich die Analysen des Themse-Wassers, in denen dieselben quantitativ bestimmt wurden, zeigen. Diese organischen Substanzen sind es ohne Zweifel, welche, nebst den durch das Absterben der Thiere und Pflanzen im Meere erzeugten Ueberreste, die Zersetzung der zugeführten schwefelsauren Salze bewirken, und so das Gleichgewicht wieder herstellen.

Da die oben angeführten Flüsse und ihre Nebenflüsse alle sedimentären und krystallinischen Gesteine durchströmen: so ist mit grofser Wahrscheinlichkeit anzunehmen, dafs, im Allgemeinen, alle übrigen Flüsse auf der Erde nahe dieselben relativen Quantitäten mineralischer Bestandtheile dem Meere zuführen werden.

Dafs die mineralischen Bestandtheile der Flüsse, so lange sie fliefsen, stets in denselben Verhältnissen vorhanden waren, ist nicht anzunehmen; denn die leichtlöslichen Salze wurden aus den Gesteinen gröfstentheils zuerst ausgelaugt. Die Chlorüre, womit die sedimentären Gesteine, welche sich im Meere abgesetzt haben, getränkt waren, sind daher demselben gröfstentheils schon längst wieder zugeführt worden. Die schwerlöslicheren Bestandtheile, der kohlensaure Kalk und der schwefelsaure Kalk, waren dagegen gewifs nahe in denselben Verhältnissen stets in den jetzigen Flüssen gegenwärtig; denn noch jetzt sind Kalk- und Gypsgebirge in grofser Ausdehnung vorhanden.

Dafs die mineralischen Bestandtheile der Flüsse grofsen Schwankungen unterworfen sind, wurde schon oben bemerkt. In den vorstehenden Analysen zeigen der *Rhein*, die *Rhone* und die *Seine*, welche zu verschiedenen Zeiten, aber auch an verschiedenen Orten untersucht wurden, diese Schwankungen. Das Rheinwasser No. 3, welches kaum halb so viel Bestandtheile enthält als No. 2, wurde geschöpft, als der Strom durch den geschmolzenen Schnee sehr angeschwollen war. In dem bei niederem Wasserstande geschöpften Wasser No. 4 zeigt sich dagegen bei Vergleichung mit No. 3 wieder eine bedeutende Zunahme.

Der *Dee* (No. 31) zeigt eine ungewöhnlich geringe Menge mineralischer Bestandtheile, welche bis auf 3,12 her-

absinkt, wenn man die organischen Substanzen abzieht. Krystallinische Gesteine, welche, wie der Granit, keine Kalksilicate enthalten, können hauptsächlich nur durch Zersetzung von Feldspath, Kieselsäure und kieselsaure und kohlensaure Alkalien den Gewässern liefern. Der *Don* (No. 32) enthält, nach Abzug der organischen Substanzen, auch nur 8,07 mineralische Bestandtheile. Der gröfsere Gehalt an kohlensaurem Kalk rührt davon her, dafs er mit mehr Kalksteinen in Berührung kommt. Der verhältnifsmäfsig grofse Gehalt an Chlorüren ist wohl, wie bei der *Themse*, der Vermischung mit Meerwasser zur Zeit der Fluth zuzuschreiben.

No. 34 und 35 zeigen, wie wenige mineralische Bestandtheile die Gletscherbäche aufzulösen vermögen, wenn die Unterlage der Gletscher nicht Kalkstein ist. Es ist auch begreiflich, dafs das durch Schmelzen des Gletschereises entstehende und in grofser Menge unter den Gletschern abfliefsende Wasser weniger Bestandtheile auflösen kann, als Quellwasser, welche in engen Canälen und in vielfacher Berührung mit den Gesteinen fliefsen. Wie aber diese Bestandtheile sehr bedeutend zunehmen, wenn die Gletscherbäche auf Kalkstein fliefsen, zeigt No. 33.

Die Gletscher schmelzen nur im Sommer ab, und desto mehr, je heifser er ist; denn das wenige Wasser, was aus ihnen im Winter abfliefst, ist nur Quellwasser. Schwellen daher die Alpenströme zur Sommerzeit durch die Gletscherwasser an: so nehmen die mineralischen Bestandtheile in ihnen ab. Die beiden Analysen der *Arve* (37 und 38) zeigen diesen Unterschied. Im Februar, wo blofs Quellwasser diesen Flufs speisen, enthielt er fast doppelt so viel Bestandtheile wie im August, wo Gletscherwasser die Quellwasser verdünnen. Ausser der schon angeführten Ursache, welche ein Schwanken in der Menge der mineralischen Bestandtheile herbeiführt, lernen wir daher noch eine zweite kennen, die sich jedoch nur in den Alpenströmen zeigt.

Der geringere Gehalt der Alpenströme an mineralischen Bestandtheilen kann sich bei denjenigen, die, wie der *Rhein* und die *Rhone*, in grofse See'n sich ergiefsen, nur oberhalb

derselben äussern *). Ebenso wie im *Genfersee*, so werden auch in dem mehr als 2 Quadratmeilen grofsen *Bodensee* die jährlichen Veränderungen des Wasserstandes, in Folge der vermehrten oder verminderten Zuflüsse durch den *Rhein* und andere minder bedeutende Flüsse, keine merkliche Veränderung in der Menge der mineralischen Bestandtheile herbeiführen. Es ist daher wohl anzunehmen, dafs der aus dem *Bodensee* abfliefsende *Rhein* stets sehr nahe dieselbe Menge mineralischer Bestandtheile enthalten wird **). Dem zu Folge

*) In diesen beiden Alpenströmen müssen die jährlichen Schwankungen der mineralischen Bestandtheile oberhalb ihres Einflusses in den *Boden-* und *Genfersee* sehr bedeutend sein; denn die *Rhone* nimmt in *Wallis* auf einer Entfernung von 35 Lieus das Wasser von 135 Gletschern auf. Terrain erratique alluvien du bassin du Leman etc. par. R. Blanchet. Lausanne 1844. P. XII.

**) Die mittlere Tiefe aus 88 Peilungen des *Bodensee*, ist 279 par. Fuss. Nach Dihlmann (Jahrbuch der Chemie u. Physik T. LIX. P. 30) betrug die Veränderung seines Wasserstandes im Jahr 1827 7,9, im Jahr 1828 5,7 par. F. Diese jährlichen Veränderungen machen daher 2 bis 2,8 Proc. der ganzen Wassermasse dieses See aus. Wenn demnach zur Zeit des Abschmelzens der Gletscher in den See Wasser fliefst, welches auch nur halb so viel mineralische Bestandtheile, wie sein Wasser enthält: so wird es dadurch doch so wenig verdünnt, dafs die chemische Analyse den Unterschied im Gehalte derselben kaum mehr nachweisen kann. Die Temperatur des zur Sommerzeit in den See fliessenden Rheinwassers ist, da es gröfstentheils Gletscherwasser ist, ohne Zweifel niedriger, als die des See. Jenes sinkt daher in diesem unter und durch die Wellenbewegung wird die Vermischung befördert. Nach Dihlmann steigt die Temperatur des *Bodensee* im Juli bis auf 21°,5 R. So hoch wird die Temperatur des einfliefsenden *Rhein* gewifs nicht steigen. Ich fand am 1. Sept. 1835 die Temperatur der in den *Thunersee* fliefsenden *Aar* 2° niedriger, als die dieses See.

Escher (Gilbert's Annal. der Physik T. LXX. P. 202) berechnet aus den von Stehlin von 1809 bis 1820 angestellten Beobachtungen über die Höhe des *Rhein* bei *Basel*, dafs jährlich durch diesen Strom 1046 Millionen Cubik-Toisen abgeführt werden. Diese Wassermasse würde im *Bodensee* eine Tiefe von 56 Fuss einnehmen. Da dessen mittlere Tiefe 5 Mal so viel beträgt: so würden ihn die Wasser des *Rhein* bei *Basel* in 5 Jah-

würde eine Analyse des Wassers dieses See, gleichviel zu welcher Jahreszeit es geschöpft würde, die normale Zusammensetzung des aus ihm abfliefsenden Rheinwassers geben. Die Vergleichung dieser Analyse mit der des *Rhein* an irgend einer Stelle unterhalb *Constanz* würde dann ergeben, ob ihm durch seine Nebenflüsse mehr oder weniger mineralische Bestandtheile zugeführt werden als er schon enthält.

Auf den ersten Blick erscheinen die von den Flüssen dem Meere im aufgelösten Zustande zugeführten Bestandtheile unbedeutend; beachtet man aber die grofsen Wassermassen, welche immerfort in das Meer strömen: so werden sie eine bedeutende Gröfse. Flüsse, wie der *Rhein*, die *Donau*, die *Rhone* und die *Elbe*, welche mindestens $\frac{1}{8000}$ von diesen Bestandtheilen enthalten, führen dem Meere in 8000 Jahren so viel zu, als das Gewicht der Wassermasse beträgt, welche sie in einem Jahre in dasselbe bringen. Was sind aber 8000 Jahre, wenn man sie vergleicht mit geologischen Pe-

---

ren, und die des *Rhein*, welche in ihn fliefsen, unter der Voraussetzung, dafs die unterhalb des *Bodensee* bis nach *Basel* in ihn sich ergiefsenden Flüsse, unter denen die *Aar* der bedeutendste ist, eben so viel Wasser enthalten, als der aus dem *Bodensee* ausfliefsende *Rhein*, ungefähr erst in 10 Jahren ausfüllen.

Nach vorstehenden Bemerkungen würde es gewifs von grofsem Interesse sein, wenn schweizer Chemiker Analysen des Wassers der *Alpenseen* unternehmen wollten. Aufer dem *Boden*- und *Genfersee* würden namentlich die Analysen der Wasser des *Brienzer*-, *Thuner*-, *Vierwaldstädter*-, *Zürcher*-, *Comer*- und *Maggiore-See* die Substanzen kennen lernen, welche den Hochalpen durch die Gewässer entzogen werden. Verknüpfte man damit gleichzeitig die Analysen der Wasser der Flüsse, welche aus diesen Seen strömen und sich theils in das Meer, theils in andere Flüsse ergiefsen: so würde man auch die Substanzen kennen lernen, welche den Gebirgen unterhalb dieser Seen durch die Gewässer entzogen werden. Wenn auch die letzgenannten Seen viel kleiner, als der *Boden*- und *Genfersee* sind: so mögen sich doch ihre Bestandtheile eben so wenig quantitativ und qualitativ verändern, als die der beiden eben genannten Seen; denn die durch sie fliefsenden Alpenflüsse sind gleichfalls viel kleiner, als der *Rhein* und die *Rhone*.

rioden, in denen man nach Millionen Jahren rechnen mufs? — So grofs müssen aber diese Perioden gedacht werden, wenn man die Bildung der mächtigen Kalkstein-Gebirge begreifen will. Wie wenig schwierig es aber ist, gerade deren Bildung zu begreifen, da von den, dem Meere im aufgelösten Zustande zugeführten Bestandtheilen der kohlensaure Kalk 50—94 Procent beträgt, leuchtet von selbst ein.

# Kap. II.

## Seen.

Wenn die Seen in ihren physikalischen Verhältnissen (Gröfse, Tiefe, Temperatur *) u. s. w. **) viel Interessantes darbieten: so ist diefs weniger hinsichtlich ihrer chemischen Verhältnisse der Fall. Die Seen, durch welche Flüsse fliefsen, und gleichsam nur Erweiterungen derselben sind, haben dieselben mineralischen Bestandtheile, wie diese. Ihre Analyse bietet aber, wie oben (S. 1531) bemerkt wurde, eine günstige Gelegenheit dar, die normale Zusammensetzung dieser Flüsse zu ermitteln. Nur von einem einzigen dieser Seen, vom *Genfersee*, kennt man die chemische Zusammensetzung, welche bereits angeführt wurde (S. 1513) ***).

Die Seen, welche Zuflüsse erhalten, aber blofs unterirdische Abflüsse haben, gehören gewissermafsen in dieselbe Kategorie. Ihre Zusammensetzung bleibt nahe constant †).

---

*) Meine Wärmelehre u. s. w. S. 138 ff. F. Simony die Seen des Salzkammergutes 1850.

**) Von der Farbe der Seen s. Kap. IV.

***) Braconnot (Journ. chim. méd. (3) T. VI. P. 65) fand das Wasser des See von *Gérarmer* in den *Vogesen* fast frei von unorganischen Substanzen.

†) Solcher Seen, welche sich vorzugsweise im zerklüfteten Kalkgebirge finden, giebt es viele. Der *Zirknitzer* See ist längst bekannt. Nach Gruber (Briefe hydrographischen und physikalischen Inhalts aus Krain 1781) und Kröpfer (Ergänzungsband Bd. I. S. 382 zu Poggendorff's Annalen) sind es zwei mächtige Höhlen, aus denen das Wasser nach Regenwetter und nach dem Schmelzen des Schnee's mit grofser Gewalt hervorstürzt

In den Seen, welche Zuflüsse, aber keine Abflüsse haben, und das zufliefsende Wasser blofs durch Verdunstung verlieren, concentriren sich nach und nach die ihnen in Auflösung zugeführten mineralischen Bestandtheile. Das *Kaspische* Meer, das *Todte* Meer u. s. w. gehören in diese Kategerie. Ebenso ist die Menge des Wassers, welche der *Lake Superior*, der gröfste Süfswasser-See auf der Erde, von meh-

---

und dem See zueilt, und, aufser vielen kleinen Löchern, sind es besonders zwei Schlünde von weitem Umfange und beträchtlicher Tiefe, durch welche das Wasser abfliefst und den *Laibacher* Flufs bildet, der, mit Ausnahme der Zeit, in welcher der See ausgetrocknet ist, gleich bei seinem Ursprunge schiffbar ist. Da dieser See ringum von Gebirgen eingeschlossen ist: so würde er erst in einer Höhe von mehreren hundert Fufs einen oberirdischen Abflufs gefunden haben, wenn nicht sein durchlöcherter Boden ihm einen unterirdischen verschafft hätte. Das mit Gewalt sich durch die Canäle drängende Wasser erweitert dieselben immer mehr; es wird daher eine Zeit kommen, wo der *Zirknitzer* See nicht mehr sein wird. Aehnliche Verhältnisse zeigen der *Fuciner* See (Lacus Fucinus bei den Römern, *Λίμνη φουκίνα* bei Strabo) in den *Apenninen*, der *Kopaische* See in *Böotien*, der See *Phonia* in *Morea*, der *Daubensee* auf der *Gemmi* in der *Schweiz* (Bd. I. S. 30) u. s. w. Nach Kramer (Der Fuciner See 1839) ist es wahrscheinlich der aus einem, unmittelbar am Fufse einer hohen steilen Bergwand liegenden Becken von vielen hundert Fufs Durchmesser entspringende *Fibreno*-Flufs, der seinen Ursprung dem *Fuciner-See* verdankt. Auch der *Kopaische* See (Forchhammer in Poggendorff's Annal. T. XXXVIII. P. 241) hat viele unterirdische Abzugs-Canäle, und trocknet während des Sommers fast ganz aus. Mehrere mächtige Quellen rühren, nach einem mehrere Meilen langen unterirdischen Laufe, von diesem See her, und sind etwas salzhaltig. Sie berühren wahrscheinlich ein Salzlager. Der See *Phonia* (Boblaye in den Annal. des Mines T. IV. P. 99) war 1814 nicht vorhanden, hat aber dermalen eine Tiefe von 120 bis 150 und eine Breite von 18000 bis 24000 Fufs. Seitdem haben sich nämlich seine unterirdischen Abflufs-Canäle durch abgesetzten Sand und Schlamm verstopft. Vor mehr als hundert Jahren stand sein Wasserspiegel mehr als 300 Fufs höher, als jetzt, wie sich diefs aus dem in dieser Höhe abgelagerten Schlamm ergiebt. Solche Verstopfungen und Wiedereröffnungen seiner Schlünde scheinen in alter und neuer Zeit häufig stattgefunden zu haben.

reren hundert Flüssen, ohne die kleineren mitzurechnen, erhält, vielmal bedeutender, als am *Niagara*-Fall, dem einzigen Ausflusse dieses See *).

Seen, welche Zuflüsse, wenn auch nur periodische, von umgebenden Höhen haben, nehmen die in Suspension zugeführten erdigen Theile auf. Sedimente bilden sich in ihnen, der Seeboden erhöht sich, und nach langen Zeiträumen werden sie ganz ausgefüllt. Die Seen namentlich, durch welche Alpenströme fliefsen, sind Kläranstalten für dieselben. Sind sie sehr ausgedehnt, so nehmen sie zur Regenzeit und nach dem Schmelzen des Schnee's trübe Wasser auf, während klare aus ihnen abfliefsen.

Die Seen sind die Regulatoren der Flüfse. Indem sie die, in gewissen Jahreszeiten oder nach anhaltendem Regen ihnen in gröfseren Mengen zugeführten Gewässer sammeln, bewirken sie einen mehr gleichmäfsigen Abflufs der sie durchströmenden Flüsse und beugen dadurch Ueberschwemmungen vor. Der *Bodensee* steigt von den Wintermonaten an bis zum Juli, und nimmt ungefähr $\frac{1}{4}$ von der ganzen ihm jährlich zuströmenden Wassermasse auf. Diese aufgenommene Wassermasse fliefst vom Juli bis zum Winter allmälich ab. Wäre dieser See nicht vorhanden: so würde während der zweiten Hälfte des Jahrs der aus ihm fliefsende *Rhein* bei weitem weniger Wasser haben, als jetzt.

Lyell **) spricht von der Bildung grofser Seen und der Entwässerung anderer in dem Thale *Red River* in *Louisiana*, wo der gröfste, *Bistineau* genannt, mehr als 30 engl. Meilen lang ist, und eine mittlere Tiefe von 15 bis 20 Fufs hat. In den tiefsten Puncten desselben finden sich zahllose Cypressenbäume von allen Gröfsen abgestorben, aber noch in aufrechter Stellung. Nach Darby wurden diese Seen durch die allmälige Erhebung des Bettes des *Red River* gebildet, in welchem die Alluvial-Anhäufungen sich so sehr erhöhten, dafs sie bis zum Wasserspiegel reichten und das Wasser in den, sich in ihn ergiefsenden Flüssen während der Fluthzeit

---

*) Lyell Principles Ed. VII. P. 236.

**) A. a. O. P. 214.

zwangen überzufliefsen, und Strecken Landes in ihrem Laufe in Seen umwandelten. Mehrmals geschah es, dafs Baumstämme-Flöfse oder Sandbänke die Mündungen dieser Nebenflüsse verstopften, wodurch jene Seen, wie der *Bistineau*, beständige Wasserzuflüsse bekamen. Lyell *) führt auch einige Beispiele einer neuen Bildung von grofsen Seen in dem Thale des *Mississippi*, 300 engl. Meilen nordöstlich vom *Bistineau-See*, in Folge der Erhöhung des Bodens, in den Jahren 1811—12, an. Auf der andern Seite liegen Beispiele von ausgetrockneten Seen vor. So wurden im Laufe des *Po*, seit der Römerzeit, ausgedehnte Seen und Sümpfe nach und nach ausgefüllt, wie die bei *Placentia*, *Parma* und *Cremona* gelegenen, und viele wurden durch das Austiefen des Bettes der Flüsse entwässert **).

Vom Wasser des gröfsten aller Seen, des *Kaspischen* Meers, besitzen wir folgende Analysen. Wir fügen denselben die Analysen des *Schwarzen* und *Asow*'schen Meeres bei, um die Unwahrscheinlichkeit einer jemals zwischen diesen und jenem grofsen See statt gefundenen Communication darzuthun.

---

*) Ebend. S. 215.
**) Ebend. S. 205.

| | *Kaspisches* Meer Göbel*) | H. Rose **) | *Schwarzes* Meer Göbel ***) | *Asow*'sches Meer Göbel †) |
|---|---|---|---|---|
| Chlornatrium . . . . . | 0,3673 | 0,0754 | 1,4020 | 0,9658 |
| Chlormagnesium . . . . | 0,0632 | — | 0,1304 | 0,0887 |
| Chlorkalium . . . . . . . | 0,0076 | — | 0,0189 | 0,0128 |
| Brommagnesium . . . . . | Spur | — | 0,0005 | 0,0004 |
| Schwefelsaurer Kalk . . . | 0,0490 | 0,0406 | 0,0105 | 0,0288 |
| Schwefelsaure Magnesia . . | 0,1239 | — | 0,1470 | 0,0764 |
| Schwefelsaures Natron . . | — | 0,0036 | — | — |
| Doppelt kohlensaurer Kalk . | 0,0171 | 0,0018 | 0,0359 | 0,0022 |
| Doppelt kohlens. Magnesia . | 0,0013 | 0,0440 | 0,0209 | 0,0129 |
| | 0,6294 | 0,1654 | 1,7661 | 1,1880 |
| Wasser . . . . . . . | 99,3706 | 99,8346 | 98,2339 | 98,8120 |
| | 100,0000 | 100,0000 | 100,0000 | 100,0000 |

*) Reise in die Steppen des südlichen Russlands Dorpat 1838, und Poggendorff's Annal. Ergänzungsband I. S. 187. Das Wasser wurde Mitte Mai's 2 Werst südwestlich von der kleinen Insel *Pischnoi*, 140 Werst südlich von den Hauptmündungen des Uralflusses, vom Boden des an dieser Stelle, 2,5 Faden tiefen Meeres, bei S. S. W. Wind, der das Seewasser an die Küsten trieb, und vollends alle Beimischung von Uralwasser verhindern mufste, geschöpft.

**) Poggendorff's Annal. T. XXXV. P. 183. Das Wasser wurde von G. Rose 75 Werst von der vier Hügelinsel, der äussersten von den Inseln, welche die *Wolga* bei ihrem Ausflusse bildet, geschöpft, und war daher noch mit Wolgawasser vermischt. Göbel fand den Einflufs dieses Wassers noch bis 300 Werst östlich vom Ausflusse der *Wolga* und der *Achtuba*, am nördlichen Ufer des *Kaspischen* Meeres, sehr merkbar. Da die Analysen von Göbel und H. Rose sehr nahe gleiche Mengen schwefelsauren Kalks enthalten, dagegen das Kochsalz in letzterer nur $\frac{1}{5}$ von dem ersterer beträgt: so ist zu schliefsen, dafs das Wasser der *Wolga* viel schwefelsauren Kalk enthält. Uebrigens bemerkt H. Rose selbst, dafs seine Analyse mangelhaft sein mufste, weil ihm nur wenige Loth Wasser zu Gebote standen.

***) A. a. O. Das Wasser wurde fast an der Mitte der Südküste der *Krym*, fern von den Strommündungen, bei *Feodosia*, aufserhalb der Quarantaine, im August geschöpft.

†) A. a. O. Das Wasser wurde auf der Mitte des Meeres zwischen *Kertsch* und *Mariapol* im Juli bei ruhiger See, $5\frac{1}{2}$ Fath. tief vom Grunde des Meeres geschöpft.

Im Wasser des *Schwarzen* Meers beträgt die schwefelsaure Magnesia 14 Mal so viel als der schwefelsaure Kalk, während im Wasser des *Ocean*, wenn man das Mittel aus einer grofsen Zahl übereinstimmender Analysen nimmt, die erstere nur 1,2 Mal so viel als der letztere ausmacht. Dafs die Bestandtheile grofser Flüsse, welche sich in eingeschlossene Meere ergiefsen, einen bedeutenden Einflufs auf die Bestandtheile derselben haben müssen, ist unzweifelhaft. In dieser Beziehung ist es bemerkenswerth, dafs das Wasser des gröfsten in das *Schwarze* Meer fliefsenden Stromes, das der *Donau*, fast 5 Mal so viel schwefelsaure Magnesia als schwefelsauren Kalk enthält. Aus einer einzigen Analyse des Wassers des *Schwarzen* Meeres und der *Donau* kann man jedoch keine sicheren Resultate ziehen, und um so weniger, da das Wasser der letzteren bei *Wien* geschöpft worden war. Wird aber Wasser in der Nähe der Mündung dieses Stroms in das *Schwarze* Meer, und das des letzteren von der westtichen Küste, jedoch etwas entfernt von den *Donau*-Mündungen analysirt, und wird auf die Bestimmung der schwefelsauren Magnesia und der schwefelsauren Kalkerde besondere Aufmerksamkeit gerichtet: so wird sich ergeben, ob der grofse Gehalt des Wassers des *Schwarzen* Meers an schwefelsaurer Magnesia wirklich der *Donau* zuzuschreiben ist.

Im *Asow*'schen Meer finden sich die Chlorüre und die Summe der Sulphate sehr nahe in denselben Verhältnissen, wie im *Schwarzen* Meer. Jenes erscheint demnach als ein mit etwas süfsem Wasser verdünntes *Schwarzes* Meer. Diese Verdünnung ist leicht zu begreifen, da sich in das *Asow*'sche Meer ein bedeutender Strom, der *Don*, ergiefst, und dieses Meer mit dem *Schwarzen* Meer nur durch die Meerenge von *Jenikale* communicirt. Da also die gewöhnliche Strömung vom *Asow*'schen in das *Schwarze* Meer, und nur bei starkem Südwinde aus diesem in jenes geht: so gelangt bei weitem weniger salzreicheres Wasser in das *Asow*'sche Meer, als salzärmeres in das *Schwarze* Meer.

Eine bedeutende Verschiedenheit zwischen dem Wasser des *Schwarzen* Meeres und dem des *Asow*'schen zeigt sich indefs darin, dafs dieses viel weniger schwefelsaure Magnesia und viel mehr schwefelsauren Kalk als jenes ent-

hält *). Man möchte hieraus schliefsen, dafs der *Don* viel weniger schwefelsaure Magnesia und viel mehr schwefelsauren Kalk dem *Azow*'schen Meere zuführt als die *Donau* dem *Schwarzen* Meer. **)

Sollte das *Kaspische* Meer jemals mit dem *Schwarzen* Meer conmunicirt haben: so kann, sofern diese Communication durch eine Meerenge statt gefunden hätte, wohl gedacht werden, dafs beide Meere eine sehr verschiedene Zusammensetzung gehabt hätten. In diesem Falle würde aber das ehemalige *Kaspische* Meer noch weit ärmer an Bestandtheilen gewesen sein, als jetzt; denn da sein Spiegel 86,5 engl. Fufs unter dem des *schwarzen* Meers liegt ***): so hätte seit der Trennung beider Meere aus dem *Kaspischen* Meere eine Wassersäule von dieser Höhe verdunsten, mithin sein Salzgehalt sich vermehren müssen. Dazu kommt noch, dafs die grofse *Wolga* und die vielen anderen Ströme, welche sich in das *Kaspische* Meer ergiefsen, ihre aufgelösten Bestandtheile demselben zuführen, und dafs sich durch die Delta-Bildungen dieser Ströme †) das Areal dieses Meeres bedeutend vermindert. Beide Ursachen würden aber eine noch höhere Con-

---

*) Die so geringe Menge kohlensaurer Kalkerde im *Asow*'schen Meere, welche nur $\frac{1}{16}$ von der im *Schwarzen* Meere beträgt, giebt jedoch der Vermuthung Raum, dafs vielleicht die relativen Mengen des schwefelsauren Kalk und der schwefelsauren Magnesia nicht genau bestimmt worden sind in beiden Meeren. In allen bis jetzt analysirten Wassern der grofsen Ströme ist der kohlensaure Kalk der überwiegende Bestandtheil. Ist diefs, wie höchst wahrscheinlich, auch beim *Don* der Fall: so mufs umgekehrt das *Asow*'sche Meer mehr von diesem Carbonat enthalten, als das *Schwarze*. Wie leicht aber Fehler in der relativen Bestimmung des Kalksulphat und Kalkcarbonat begangen werden können, wenn beide nur in sehr geringen Mengen im Wasser enthalten sind, weifs jeder Chemiker.

**) Wünschenswerth ist es, dafs auch dieses durch eine Analyse des Wassers des *Don* constatirt werden möchte, womit aber auch eine Analyse des Wassers des *Dnieper* zu verknüpfen wäre.

***) Nach der trigonometrischen Messung von Fufs, Sawitsch und Sabler. Compt. rend. 1842. T. XV. P. 885.

†) Durch die tägliche Zunahme des *Wolga*-Delta vermindert sich immerfort die Ausdehnung des *Kaspischen* Meeres. Das seichte

centration bewirkt haben. Da nun die Summe der Bestandtheile des *Kaspischen* Meers nur ungefähr $\frac{1}{4}$ von der des *Schwarzen* ist: so müfste, wenn einstens beide Meere mit einander communicirt hätten, dieser Bruchtheil damals noch viel geringer gewesen sein. Ein solcher Gehalt entfernt sich aber so weit von dem des *Schwarzen* Meers, dafs dieses und das *Kaspische* Meer unmöglich jemals ein einziges grofses Meer gewesen sein können. Hommaire-Dehel's Ansicht *), dafs eine solche Communication einst statt gefunden habe, ist daher irrig, und sie widerspricht seinen eigenen Beobachtungen, wonach aus dem *Kaspischen* Meer durch Verdunstung mehr Wasser fortgeführt, als durch seine Flüsse zugeführt wird.

Bemerkenswerth ist, dafs auch im Wasser des *Kaspischen* Meeres die schwefelsaure Magnesia gegen den schwefelsauren Kalk sehr vorherrschend ist, wenn auch nicht in dem Verhältnisse, wie im *Schwarzen* Meer. Man möchte hieraus schliefsen, dafs die in das *Kaspische* Meer sich ergiefsenden Flüsse, namentlich die *Wolga*, wie die *Donau*, schwefelsaure Magnesia in gröfserer Menge als schwefelsauren Kalk enthalten. Eine Analyse des Wassers dieses grofsen Stromes erscheint überhaupt sehr wünschenswerth.

Murchison **) glaubt, dafs der bedeutende Salzgehalt an einigen Stellen des *Kaspischen* Meeres den Salzquellen, welche aus der Tiefe oft aus Felsen aufsteigen, die lange vor den frühesten Absätzen dieses Meeres gebildet worden sind, zuzuschreiben ist; denn Muscheln identisch mit denjenigen, welche jetzt noch darin existiren (mit Ausnahme fast aller oceanischen Species), sind auf weiten Strecken Landes verbreitet und werden in verschiedenen und beträchtlichen Höhen gefunden.

Das *Kaspische* Meer erscheint demnach als ein ehema-

---

Wasser reicht schon 40 bis 50 engl. Meilen südlich von der dermaligen Mündung dieses Stromes hinein. Murchison, de Verneuil und v. Keyserling the Geology of Russia etc. V. I. P. 578.

*) Compt. rend. 1843. No. 15.

**) A. a. O. P. 323 und 308.

liger grofser Süfswassersee, dem im Laufe der Zeit durch seine Flüsse die Bestandtheile zugeführt worden sind, welche sich in ihm finden. Dafs unter denselben das Kochsalz mehr als die übrigen Substanzen zusammen genommen beträgt, dürfte von den vielen Salzquellen herrühren, welche sich in diesen See und in seine Flüsse ergiefsen. Ob seine ehemalige viel gröfsere Ausdehnung blofs die Folge der Abnahme seines Wassers durch Verdunstung ist, oder ob, nach Murchison *), Hebungen in seinen Umgebungen statt gefunden haben, welche natürlich mit Senkungen begleitet gewesen wären, wollen wir dahingestellt lassen.

Die Zusammensetzung des *Todten* Meers ist:

| | Dead Sea | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | I | II | III | IV | V |
| | C. G. Gmelin[1]) | R. F. Marchand[2]) | Th.J.u.W. Herapath[3]) | Booth u. Muckle[4]) | Bourton u. O. Henry[5]) |
| Spec. Gewicht . . | — | 1,185 | 1,172 | 1,227 | — |
| Chlornatrium . . | 7,078 | 6,578 | 12,110 | 7,855 | 7,003 |
| Chlormagnesium . | 11,773 | 10,543 | 7,822 | 14,590 | 5,696 |
| Chlorcalcium . . . | 3,214 | 2,894 | 2,455 | 3,108 | 0,680 |
| Chlorkalium . . . | 1,674 | 1,398 | 1,217 | 0,659 | 0,166 |
| Chlormangan . . . | 0,212 | — | 0,006 | — | — |
| Chloreisen . . . | — | — | 0,003 | — | — |
| Chloraluminium . . | 0,090 | 0,018 | 0,056 | — | — |
| Brommagnesium . . | 0,439 | 0,251 | 0,251 | — | — |
| Bromkalium . . . | — | — | — | 0,037 | Spur |
| Salzsaures Ammoniak | 0,008 | — | 0,006 | — | — |
| Schwefelsaurer Kalk | 0,053 | 0,088 | 0,068 | 0,070 | 0,233 [6]) |
| Kieselsäure . . . | — | 0,003 | Spur | — | } 0,200 |
| Stickstoffhalt. org. Substanz . . . . | — | — | 0,062 | — | |
| Bituminöse Substanz | — | Spur | — | Kohlens. Erden | 0,953 [7]) |
| Summa . . . . | 24,541 | 21,773 | 24,056 | 26,319 | 14,931 |
| „ „ direct bestimmt | | 21,671 | 24,048 | — | |
| Wasser . . . . | 75,459 | 78,227 | 75,944 | 73,681 | 85,069 |
| | 100,000 | 100,000 | 100,000 | 100,000 | 100,000 |

*) A. a. O. P. 317 und 324.

Das Wasser dieses See's zeichnet sich daher durch seinen aufserordentlich hohen Salzgehalt vor den meisten Seen aus. Auf welche Weise dieser Salzsee und mehrere andere in *Asien* und *Amerika* ihren Salzgehalt erhalten haben mögen, davon wird im Kap. IV. die Rede sein.

In *Ungarn*, *Aegypten* und an mehreren Stellen in *Asien*, *Africa* und *Amerika*, unter anderen in *Columbien* *), finden sich Seen, welche mehr oder weniger reich an kohlensau-

---

1) Würtembergische naturwissenschaftliche Abhandlungen B. I. Heft 3. S. 1.

2) Poggendorff's Annal. T. LXXVI. P. 462. Dieses Wasser wurde an der nördlichen Spitze des See's nicht weit vom Einflusse des *Jordan* geschöpft. Frühere Analysen von Macquer, Lavoisier und Sage, Marcet, Tennant, Klaproth, Gay-Lussac, Hermbstädt und Apjohn weichen bedeutend von einander ab. Die Summe der Bestandtheile in diesen Analysen schwankt zwischen 24,6 und 44,4 Proc. Diese Differenzen rühren wahrscheinlich davon her, dafs die Wasserproben theils nahe am Einflusse des *Jordan*, theils entfernt davon geschöpft wurden. Auch die Zusammensetzung des Meeresbodens und des salzhaltigen Ufers, welches im Süden durch das Steinsalz-Gebirge von *Usdum* gebildet wird, mögen eine Verschiedenheit der Zusammensetzung des Wassers veranlassen.

3) Chem. Soc. Qu. Journ. T. II. P. 336.

4) Narrative of the United States Expedition to the river Jordan and the Dead Sea, by W. F. Lynch. Philadelphia 1849. P. 509.

5) Journ. de Pharm. 1852. T. XXI. S. 161. Das Wasser wurde am westlichen Ufer, zwei Stunden vom *Jordan* entfernt geschöpft. Die im Verhältnisse zu den übrigen Analysen viel geringere Menge von Salzen kann nur der Verdünnung durch den *Jordan* zugeschrieben werden. Da das Wasser dieses Flusses, nach der im Kap. V. mitgetheilten Analyse, eben so viel Chlornatrium enthält als die übrigen Salze zusammen betragen: so möchte man den verhältnissmässig gröfseren Gehalt an Chlornatrium in Bourton's Analyse daraus erklären.

6) Nebst schwefelsaurer Magnesia und schwefelsaurem Natron, welche indefs nicht neben Chlormagnesium im Wasser existiren können.

7) Da keine der übrigen Analysen kohlensaure Erden angiebt, so sind auch diese dem *Jordan* zuzuschreiben.

*) Palacio Faxan im Journ. of Sc. T. I. P. 188.

rem Natron sind. In *Ungarn* kommen, nach Beudant *), die vorzüglichsten bei *Debretzin* auf grofsen Ebenen vor, und das Natron, welches sie liefern, wird als Handelswaare gesammelt. Diese Seen trocknen während des Sommers aus, wo man das efflorescirende Natron jeden 4ten oder 5ten Tag sammelt. In *Unteraegypten* liegen, nach d'Arcet **), die Natronseen in der Wüste am westichen Ufer des *Nil* und davon ungefähr 20 engl. Meilen entfernt. Sie enthalten Sesquinatroncarbonat, Kochsalz und schwefelsaure Magnesia (Natron?) und werden durch viele kleine Quellen alimentirt, welche an der östlichen Seite entspringen. Sie sind nichts anderes als die Bassins, aus denen das wenig salzhaltige Wasser der Quellen verdunstet, und das Salz seit Jahrhunderten herauskrystallisirt. De Chancourtois ***) beschreibt den *Van-See*, der im südlichen *Armeristan*, nahe an der *Persischen* Grenze liegt, und von Osten her seine Zuflüsse erhält. Er hat keinen Abflufs. Von einigen Natronseen auf der *Araxes*-Ebene giebt Abich Nachricht †). Sie finden sich in unmittelbarer Nähe von Lavaströmen. Die Ufer eines dieser Seen sind mit Krusten eines sehr festen Salzes bedeckt, welche gröfseren Theils von der Flüssigkeit getragen werden, und wovon losgetrennte Theile wie Eisschollen auf dem See schwimmen. Auch der Grund dieses See's ist mit einer mehrere Zoll dicken Salzrinde überzogen. Diese Seen rühren von Quellen her, welche unter der Lava hervortretend kleine Sümpfe bilden, die ihre Wasser in weiten und flachen Einsenkungen des Bodens vereinigen und daher der raschen Verdunstung eine ausgedehnte Oberfläche darbieten.

De Chancourtois und Abich haben das Wasser solcher Seen analysirt.

---

*) Edinb. philos. Journ. T. VII. P. 259.

**) Comptes rendus T. XXI. P. 579. Siehe auch Andréossy in Annal. de Chim. T. XXX. P. 320 und Russegger in Karsten's und von Dechen's Archiv B. XVI. S. 380.

***) Ebend. T. XXI. P. 1111.

†) Journ. für practische Chemie B. XXXVIII. S. 4.

| | *Van-See* | See bei *Taschburun* | See südöstl. des kleinen *Ararat* |
|---|---|---|---|
| | de Chancourt. | Abich | Abich |
| Kohlensaures Natron . . . | 0,861 *) | 0,98 | 3,70 |
| Chlornatrium . . . . . . . | 0,938 | 4,99 | 21,36 |
| Schwefelsaures Natron . . | 0,333 | 0,69 | 5,57 |
| Schwefelsaures Kali . . . | 0,055 | — | — |
| Kohlensaure Magnesia . . . | 0,055 *) | — | — |
| Kieselsäure . . . . . . . . | 0,018 | — | — |
| Eisenoxyd . . . . . . . . | Spuren | — | — |
| | 2,260 | 6,66 | 30,63 |
| Wasser . . . . . . . . . | 97,740 | 93,34 | 69,37 |
| | 100,000 | 100,00 | 100,00 |

Mineralquellen von ähnlicher Zusammensetzung wie die dieser Seen, nur von viel geringerem Salzgehalt, finden sich in vulkanischen Gegenden, namentlich in den Umgebungen des *Laacher-See*, dessen Analyse bereits mitgetheilt wurde (Bd. I. S. 359), sehr häufig. Das Mineralwasser von *Roisdorf*, in der Nähe von *Bonn*, (I. S. 389) hat einige Aehnlichkeit mit dem Wasser des *Van-See*; nur dafs dieses 5 Mal so viel Salze wie jenes enthält. Wenn jene Mineralquellen in wasserdichten Vertiefungen zusammenfliessend, Seen bildeten: so würden sich die Auflösungen durch Verdunstung concentriren und ähnliche Natronseen, wie die vorstehenden entstehen. Wenn die Verdunstung aus dem *Laacher-See* mehr betrüge, als seine Zuflüsse: so würde endlich ein Salz herauskrystallisiren, welches gröfstentheils aus kohlensaurem Natron bestände.

Die seit langer Zeit bekannte Eigenschaft des *Lough-Neagh* in Irland, hinein geworfenes Holz zu versteinern oder vielmehr mit Eisentheilchen zu durchdringen **), veranlafste

*) Sollen als Sesquicarbonate aufgelöst sein (?).

**) Phil. Transact. No. 158. p. 552. Ich mufs vermuthen, dafs sich in anderen englischen oder irländischen Werken über diese

mich zu einer Analyse des Wassers dieses See's. Durch die Güte des Herrn James Lindsay in *Belfast* erhielt ich zwei Wasserproben, welche an zwei verschiedenen Stellen des See's geschöpft worden waren. In beiden schwammen viele graubraune Flocken, welche auf einem Filtrum gesammelt wurden. Das Wasser der einen Probe, welches gefüllt war in mit Korkstopfen verschlossene Bouteillen, war, abgesehen von jenen Flocken, klar und geruchlos (I); das der anderen Probe war etwas milchig und hatte einen äusserst unangenehmen, dem Schwefelwasserstoff ähnlichen Geruch (II), welches davon herrührte, dafs um die innere Fläche der Korkstopfen eine Blasenhaut gewickelt war, die während des Transports im Sommer 1852 angefangen hatte, in Fäulnifs überzugehen.

Ich beschränkte mich darauf, nur die nach dem Abdampfen der Wasserproben unlöslich gewordenen Bestandtheile zu analysiren, weil nur von diesen die versteinernde Eigenschaft des Wassers abgeleitet werden kann.

| | I | II |
|---|---|---|
| Kohlensaurer Kalk . . . . | 0,00170 | 0,00189 |
| „ „ Magnesia . . | Spur | Spur |
| Eisenoxyd . . . . . . . | 0,00021 | 0,00026 |
| Thonerde . . . . . . . . | Spur | Spur |
| Kieselsäure . . . . . . . . | 0,00014 | 0,00013 |
| | 0,00205 | 0,00228 |
| Lösliche Bestandtheile . . | 0,00511 | |
| Schwebende Theile . . . | 0,00093 | |
| | 0,00819 | |
| Wasser . . . . . . . . . | 99,99181 | |
| | 100,00000 | |

Die löslichen Bestandtheile enthielten 0,00327 Kochsalz, wenn das gefundene Chlor blofs dem Natrium zugetheilt wird; Chlormagnesium oder Chlorcalcium waren aber vorhanden;

---

merkwürdige Eigenschaft etwas Näheres finden werde; mir ist aber hierüber nichts bekannt geworden.

denn die löslichen Bestandtheile wurden nach dem Abdampfen feucht, und nach dem Glühen schied sich eine weifse Erde ab, die sich in Salpetersäure vollständig auflöste. Sie zeigten aber auch eine deutliche alkalische Reaction; kohlensaure Alkalien waren daher vorhanden, schwefelsaure Salze aber nicht. Beim Glühen wurden sie schwarz, glimmten und verbreiteten einen empyreumatischen Geruch.

Aus den schwebenden Theilen zog Salzäure Eisen mit geringen Spuren von Thonerde aus. Ihre Menge war zu gering für eine quantitative Bestimmung.

Weit entfernt in dem Wasser dieses See's, wie man hätte vermuthen sollen, eine bedeutende Menge erdiger Bestandtheile zu finden, zeichnet es sich vielmehr durch deren ausserordentlich geringe Quantitäten aus. Mit der Angabe in den Philos. Transact., dafs das Versteinerungsmittel Eisen sei, und dafs, wenn die Versteinerung nur theilweise erfolgt, beim Verbrennen eines solchen Holzes, der versteinerte Theil blofs zum Glühen kommt, und die rückständige Asche vom Magnet angezogen wird, stimmt aber überein, dafs Eisenoxyd in den schwebenden Theilen der Hauptbestandtheil ist. Einer näheren Untersuchung bleibt vorbehalten, ob die schwebenden Theile dem *Lough-Neagh* durch die sich in ihm mündenden Flüsse schon im suspendirten Zustande zugeführt werden, oder ob es das in deren Wasser aufgelöste kohlensaure Eisenoxydul ist, welches, da die zugeführten Gewässer in dem grofsen See lange stagniren, durch den atmosphärischen Sauerstoff höher oxydirt und als Eisenoxydhydrat ausgeschieden wird. Die geringe Menge Thonerde, welche demselben beigemengt ist, wird jeden Falls im schwebenden Zustande vorhanden sein, und möchte im letzteren Falle mit dem sich auf chemischen Wege ausscheidenden Eisenoxydhydrat niedergeschlagen werden.

Einer näheren Untersuchung bleibt gleichfalls vorbehalten, ob sich die Versteinerung des im See befindlichen Holzes nicht blofs auf eine Incrustation beschränkt, oder ob sie bis in das Innere desselben dringt. In letzterem Falle müfste natürlieh das Eisenoxydul im aufgelösten Zustande in das Innere dringen und daselbst abgesetzt werden, aber dann, wegen der reducirenden Wirkung des Holzes nicht als Eisen-

oxydhydrat. Herr Lindsay war so gütig, mir mehrere versteinerte Hölzer, welche am Ufer des *Lough-Neagh* und in dessen Umgebungen gefunden wurden, zu senden. Ich habe ein solches Holz analysirt (Kap. VII.), aber darin nur 0,54 Proc. Thonerde und Eisenoxyd, und dagegen 97,71 Proc. Kieselsäure gefunden. Es war daher ein silicificirtes Holz, welches vom Wasser des See's gewifs nicht versteinert worden war. Dieses Holz und die anderen petrificirten Stücke glichen so sehr den in der Braunkohlen-Formation vorkommenden silicificirten Hölzern, dafs man an ihrem gleichen Ursprung nicht zweifeln kann. Auch versteinerter Thon findet sich in den Umgebungen des *Lough-Neagh*.

# Kapitel III.

## Das Meer.

---

Das Meer bietet in physikalischer Hinsicht sehr merkwürdige Verhältnisse dar. Davon abstrahiren wir aber und betrachten nur seine chemischen Verhältnisse.

Eine grofse Zahl von spec. Gewichts-Bestimmungen des Meerwassers fast unter allen Breiten und Längen und in verschiedenen Tiefen geben die Mittel an die Hand, auf seinen Salzgehalt im Allgemeinen zu schliefsen. Wir übergehen ältere minder genaue Bestimmungen, und führen nur die mittleren Resultate neuerer mit Sorgfalt angestellter Untersuchungen an *).

| | Spec. Gew. |
|---|---|
| *Atlantischer* Ocean nach v. Horner . . | 1,02875 |
| *Südsee* nach v. Horner . . . . . . | 1,02692 |
| Beide Oceane, das *Chinesische* Meer mit eingeschlossen. | |
| Die nördliche Erdhälfte . . . . . . . | 1,02795 |
| Die südliche „ „ . . . . . . . | 1,02765 |
| Die nördliche Erdhälfte nach J. Davy . . | 1,02801 |
| Die südliche „ „ „ „ „ . . | 1,02712 |

---

*) Physikal. Wörterbuch. Neue Bearbeitung. Bd. VI. S. 1619 u. s. w. Muncke reducirte die spec. Gewichte auf 0° R.

| | Spec. Gew. |
|---|---|
| *Atlantischer* Ocean, *Stilles* Meer und *Nordsee* nach v. Bibra *) . . . . . | von 1,0244 bis 1,0287 |
| Südliche Erdhälfte nach Jackson **) . . | von 1,026 bis 1,0275 |
| *Atlantischer* Ocean, *Stilles* Meer, *Golf* von *Bengalen* und *Indisches* Meer, nach Darondeau ***) . . . . . . . . . . . . | von 1,02545 bis 1,02577 |

Nach v. Horner, J. Davy und v. Chamisso ist das spec. Gewicht unter niederen Breiten gröfser als unter höheren. Nach Lenz ist es vom Aequator bis zu 45° N. B. in allen Tiefen gleich. Nach Fischer nimmt es von 60° bis zu 81° N. B. beständig ab. Das geringste spec. Gewicht des Meerwassers in diesen Breiten war an der Oberfläche 1,0086, dagegen in 240 Fufs Tiefe 1,0275. Dafs das zwischen dem Eise an der Oberfläche geschöpfte Wasser ein viel geringeres spec. Gewicht haben müsse, als das aus niederen Breiten, versteht sich von selbst. Scoresby fand es in 78 N. B. und 7° öst. Länge = 1,0259, und das Mittel aus seinen im *Grönländischen* Meere geschöpften Wasserproben war = 1,02809. Eingeschlossene Meere machen ein Ausnahme: in der *Baffinsbay* war es nach demselben nur 1,020. Das der *Ostsee* ist nach genauen Messungen nur 1,014, das des *Schwarzen* Meeres nach Göbel †) 1,01365, das des *Mittelländischen* ist gröfser als das des Ocean.

Wo sich grofse Ströme in das Meer münden, vermindert sich das spec. Gewicht des Meerwassers. So sinkt es in der *Nordsee* nach Mulder ††) auf 1,0255, und J. Davy †††)

*) Die geographische Breite und Länge, von denen diese Wasserproben herrühren, finden sich weiter unten.

**) Sillman Americ. Journ. (2) V. 41.

***) Annal. de chim. et de phys. 1838 T. LXIX P. 100.

†) Ergänzungsband zu Poggendorffs Annal. B. I. S. 187.

††) Poggendorffs Annal. B. XXXIX. S. 513.

†††) Edinb. new philos. Journ. T. XLIV. P. 43.

fand es an der Küste von *Guiana* bei *George-Town* (an der Mündung des *Demerara*) nur 1,0036; bis zu einer Entfernung von 80 engl. Meilen davon stieg es aber ziemlich regelmäfsig bis auf 1,0266.

Da die spec. Gewichte des Meerwassers erst in der dritten Decimalstelle variiren, und sie von der Temperatur abhängig sind: so können sie über den ungleichen Salzgehalt viel weniger genau entscheiden, als die Ermittelung desselben auf chemischem Wege.

Die ersten Analysen des Meerwassers, welche uns mit den Hauptbestandtheilen desselben vertraut machten, unternahm A. Vogel *). Dieser Chemiker, von dem Gesichtspuncte ausgehend, dafs die Salze im Meerwasser so vorhanden seien, wie sie sich beim Abdampfen ausscheiden, stellt die gewifs richtige Behauptung auf, dafs es kein Chlorcalcium und kein schwefelsaures Natron enthalte, und dafs das Chlormagnesium das einzige darin vorkommende zerfliefsliche Salz sei.

Für den Geologen kann es nur Interesse haben zu wissen, welche Salze sich bei der Verdunstung des Meerwassers und in welcher Folge sie sich absetzen.

Marcet **) und John Murray ***) gingen von dem Gesichtspuncte aus, dafs die stärkste Säure mit der stärksten Base verbunden sei, und dafs daher schwefelsaures Natron, Chlornatrium, Chlorcalcium und Chlormagnesium die Bestandtheile des Meerwassers seien. Bei einer späteren Analyse von Meerwasser aus der Nähe von *Portsmouth* fand Marcet †) eine nicht unbedeutende Menge kohlensauren Kalk, aber keine kohlensaure Magnesia, kein Chlorcalcium und kein schwefelsaures Natron.

Bonsdorf ††) gab sich die Mühe, 8 bis 9 Monate lang Meerwasser aus der *Nordsee*, unfern *Helgoland*, unter der

---

*) Schweigger's Journ. B. VIII. S. 351 und B. XIII. S. 344.
**) Gilbert's Ann. B. LXIII. S. 156.
***) Ebend. P. 203.
†) Annals of philosophy 1823 April P. 261.
††) Poggendorff's Ann. B. XL. S. 133.

Luftpumpe mittelst Schwefelsäure abzudampfen. Er erhielt kleine Gypskrystalle, welche 0,085 Proc. betrugen. Diefs ist $\frac{3}{8}$ von dem schwefelsauren Kalk, welchen Wasser in Maximum zu lösen vermag.

In der folgenden Zusammenstellung von Analysen von Meerwasser wurden die Bestandtheile durchgängig nach Vogel's Gesichtspunct geordnet. Aeltere Analysen, welche die quantitativen Verhältnisse derselben offenbar ungenau angeben, übergehen wir.

| | *Nordsee* I | II | III | IV | V | VI |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Betrag der Salze [1] | 3,76 | 3,19 | 3,05 | 3,27 | 3,15 | 3,28 |
| Chlornatrium . . | 80,90 | 77,94 | 77,41 | 78,71 | 77,98 | 79,14 |
| Chlormagnesium . | 8,56 | 7,59 | 9,10 | 8,74 | 8,12 | 8,54 |
| Chlorkalium . . | — | 4,24 | 3,31 | 0,25 | 0,97 | 2,06 |
| Chlorcalcium . . | — | — | — | — | 1,39 | — |
| Brommagnesium . | — | — | — | 0,09 | 0,47 | — |
| Bromnatrium . . | — | — | — | 0,31 | — | — |
| Schwefels. Kalk . | 4,01 | 3,77 | 3,65 | 3,71 | 3,47 | 3,39 |
| „ „ Magnesia | 6,53 | 6,46 | 6,53 | 7,74 | 6,79 | 6,87 |
| Kohlens. Kalk . | — | — | — | 0,40 | 0,56 | — |
| Kiesels. Natron . | — | — | — | 0,05 | 0,25 | — |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

I Hohes Meer nach Marcet *).

II Von der *englischen* Küste nach Clemm **). Aufserdem fand er kleine Mengen von Carbonaten von Kalk, Magnesia und Eisenoxydul, phosphorsaurer Kalkerde (Bd. I. S. 745), von Brom- und Jod (?), Kieselsäure und organischen Substanzen. Meerwassser von *Norderney*, nach Soltmann, stimmt völlig mit dieser Analyse überein.

III Von der Küste von *Helgoland* nach Backs ***).

IV Einige Lieus von der Küste von *Havre* nach Fi-

1) Nach Proc. des Wassers; die Bestandtheile nach Proc. des Salzgehaltes.

*) Philos. Transact. 1819 P. 161 und 1822 P. 351.

**) Annal. de Chim. T. XXXVII. P. 111.

***) Journ. f. pract. Chemie Bd. XXXIV. S. 185.

guier und Mialhe *). Sie fanden auch Spuren von Eisen- und Manganoxyd, von kohlensaurer und phosphorsaurer Magnesia.

V Von der rechten Uferküste bei *Havre*, nach Riegel **).

VI Zwischen *Belgien* und *England* nach Bischof ***).

In den Analysen II bis VI stimmen der Betrag der Salze und die Verhältnisse der am leichtesten bestimmbaren Salze, des Chlornatrium, Chlormagnesium, der schwefelsauren Kalkerde und der schwefelsauren Magnesia so nahe mit einander, dafs man an der Identität des Meerwassers der *Nordsee* an verschiedenen Stellen nicht zweifeln kann. Selbst die Analyse I, obwohl aus einer früheren Zeit, in der noch nicht die später im Meerwasser gefundenen Bestandtheile bekannt waren, nähert sich sehr den übrigen Analysen. Weichen auch IV und V in den Verhältnissen des Chlorkalium bedeutend von II und III ab: so liegt diefs gewifs nur in den verschiedenen Methoden der Analyse. Nach meiner Bestimmung geben die ersteren den Betrag dieses Salzes zu niedrig, die letzteren zu hoch an. Das Chlorcalcium in V, welchen Bestandtheil nicht nur nicht I bis IV, sondern auch nicht irgend eine gut ausgeführte Analyse von anderem Meerwasser nachweiset, rührt ohne Zweifel von einer ungleichen Vertheilung des Chlor an die Metalle her. Da sich in solchen Analysen die Schwefelsäure stets in solchen Verhältnissen findet, dafs sie der ganzen Menge der Kalkerde und der vom Chlormagnesium übrig bleibenden Magnesia zugetheilt werden kann: so müssen wir an der Gegenwart des Chlorcalcium im Meerwasser gänzlich zweifeln. Dafs die richtige Vertheilung der Kalkerde besonders dann sehr schwierig ist, wenn, wie in den Analysen IV und V, geringe Mengen von kohlensaurem Kalk vorhanden sind, welche nicht mit Sicherheit direct bestimmt werden können, ist jedem Chemiker bekannt. Das Chlorcalcium, welches Flüsse dem Meere zuführen, wird ohne

---

*) Journ. der Pharmacie (3) Bd. XIII. S. 406.

**) Jahrbuch für Pharmacie Bd. XXII. S. 5.

***) Ich habe mich blofs auf die Bestimmung der Hauptbestandtheile des Meerwassers beschränkt; aber eine besondere Sorgfalt auf die des Kali verwendet.

Zweifel durch die kohlensauren Alkalien, welche ihm andere Flüsse zuführen, zersetzt.

Obgleich auch die folgende Analyse des Wassers der *Nordsee* (VII) im Allgemeinen den vorhergehenden sehr nahe kommt, und mithin gleichfalls die Identität in der Zusammensetzung dieses Meerwassers zeigt: so ersieht man doch aus den ungleichen Verhältnissen des Chlornatrium und des Chlormagnesium, wie theils die verschiedenen Methoden, theils die ungleiche Vertheilung der elektropositiven und elektronegativen Bestandtheile Differenzen herbeiführt, welche gewifs nicht in einer verschiedenen Zusammensetzung gegründet sind.

Eine sehr schätzenswerthe Reihe von Analysen des Wassers der *Nordsee*, des *Atlantischen* Oceans und des *Stillen* Meers (VII bis XVI) lieferte v. Bibra *). Das Wasser wurde, wo nichts anderes angegeben ist, etwa 12 Fufs unter der Meeresfläche geschöpft. Er theilte das Kali der Schwefelsäure zu. Um jedoch diese Analysen vergleichbar mit den anderen zu machen, habe ich das dem Kali entsprechende Kalium dem Chlor, und die Schwefelsäure der Kalkerde und der Magnesia zugetheilt. Dadurch erhöhte sich die Menge der schwefelsauren Magnesia, während sich die des Chlormagnesium verminderte **). Bibra fand in den meisten Proben der eingedampften Rückstände Spuren von Phosphorsäure.

---

*) Annal. der Chem. u. Pharm. B. LXXVII. S. 90. Eine so grofse Zahl nach derselben Methode und von demselben Chemiker unternommener Analysen hat einen besonderen Werth, da sie mehr Anhaltepuncte zur Vergleichung darbietet, als die nach ungleichen Methoden von verschiedenen Chemikern ausgeführten Analysen.

**) Diese Veränderung in der Vertheilung der elektronegativen Bestandtheile (Schwefelsäure und Chlor) und der elektropositiven (Kalium und Magnesium) wurde auch bei der Analyse IV vorgenommen.

| | VII | VIII | IX | X | XI |
|---|---|---|---|---|---|
| Betrag der Salze | 3,44 | 3,47 | 3,84 | 3,28 | 3,68 |
| Chlornatrium . . | 74,20 | 76,05 | 76,89 | 75,80 | 77,20 |
| Chlormagnesium . | 11,04 | 9,00 | 8,05 | 8,87 | 8,09 |
| Chlorkalium . . . | 3,80 | 4,00 | 3,33 | 3,68 | 3,72 |
| Bromnatrium . . | 1,09 | 1,15 | 1,30 | 1,23 | 1,20 |
| Schwefels. Kalk . | 4,72 | 4,60 | 4,94 | 4,54 | 3,94 |
| Schwefels. Magnesia | 5,15 | 5,20 | 5,49 | 5,88 | 5,85 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

| | XII | XIII | XIV | XV | XVI |
|---|---|---|---|---|---|
| Betrag der Salze | 3,52 | 3,47 | 3,48 | 3,57 | 3,26 |
| Chlornatrium . . | 73,47 | 74,58 | 75,75 | 78,14 | 84,57 |
| Chlormagnesium . | 11,64 | 10,36 | 8,84 | 6,54 | 1,00 |
| Chlorkalium . . . | 3,45 | 3,34 | 3,26 | 4,33 | — |
| Bromnatrium . . | 0,87 | 1,15 | 1,21 | 1,46 | 1,00 |
| Schwefels. Kalk . | 4,60 | 4,67 | 5,18 | 4,36 | 6,28 |
| „ „ Magnesia | 5,97 | 5,90 | 5,76 | 5,17 | 1,89 |
| „ „ Kali . . | — | — | — | — | 5,26 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

VII. 51° 9′ N. B. 3° 8′ O. L. (von *Greenwich*) *Nordsee.*
VIII. 20° 54′ N. B. 40° 44′ W. L. *Atlantischer* Ocean.
IX. 41° 18′ „ „ 36° 28′ „ „ Desgleichen.
X. 12° 5′ S. B 77° 14′ „ „ Hafen von *Callao.*
XI. 22° 6′ „ „ 70° 16′ „ „ Hafen von *Tocopilla.* (*Algodon-Bay*)
XII. 25° 11′ „ „ 93° 24′ „ „ *Stilles* Meer aus 420 Fuſs Tiefe.
XIII. an derselben Stelle aus 11 F. Tiefe.
XIV. 56° 32′ S. B. 68° 47′ W. L. in der Nähe des *Cap Horn.*
XV. 0° 47′ „ „ 33° 20′ „ „ *Atlant.* Ocean.
XVI. 23° 45′ „ „ 29° 27′ „ „ Desgleichen.

Die Analysen VII bis XV stimmen so nahe mit einander überein, daſs sie berechtigen, auf eine wesentlich gleiche Zusammensetzung des Weltmeers zu schlieſsen. Ganz abweichend davon ist die Zusammensetzung XVI, und es hält

schwer, diese Abweichung für eine wirklich begründete zu halten. In ihr kann das Kali nicht dem Chlor zugetheilt werden; denn das Chlormagnesium bietet nicht die dazu nöthige Menge dar. Nur wenn ein Fehler in der Bestimmung des Chlornatrium gemacht worden sein sollte, würde diese Analyse in Uebereinstimmung mit den übrigen zu bringen sein. Es kann nur eine Wiederholung dieser Analyse das Räthsel lösen.

Es verdient eine besondere Beachtung, dafs die Summe der Quantitäten des Chlornatrium und des Chlormagnesium in VII bis XV sich so nahe kommen, dafs die gröfste Differenz zwischen denselben nur 0,7 Proc. beträgt. Man möchte diefs in der That für ein gesetzmäfsiges Verhältnifs in dem Wasser des Ocean halten. Selbst in XVI, ungeachtet der abnormalen Zusammensetzung dieses Wassers, steigt diese Differenz nur auf 0,98 Proc.

Diefs stimmt auch mit Forchhammer's Untersuchungen *). Nach ihm hat der nördliche Theil des *Atlantischen* Meeres einen sehr unveränderlichen Salzgehalt. Das 1844 und 1845 unter 60°, 61° und 62° N. B. zwischen 5° und 23° W. B. (von *Greenwich*) geschöpfte Wasser enthielt im Mittel 1,945 Proc. Chlor (Minimum = 1,9412, Maximum = 1,9515) und 3,5591 Proc. Salze. Aus v. Bibra's Analysen ergiebt sich ein mittlerer Chlorgehalt von 1,8695. Jackson **) fand unter 63° 18′ S. B. und 55° W. L. in 100 Fathoms (Klafter) Tiefe 2,02 Proc. Chlor und 3,509 Proc. Salze, und unter 17° 54′ S. B. und 112° 53′ W. L. in 450 Fathoms Tiefe 1,985 Proc. Chlor und 3,689 Proc. Salze. Forchhammer's und Jackson's Bestimmungen kommen daher einander sehr nahe, und sind etwas höher als das Mittel aus Bibra's Analysen.

Nach allen Küsten hin, selbst wenn sie kleinen Inseln angehören, nimmt der Salzgehalt merklich ab. Bei *Thorshavn* auf den *Faröer* Inseln betrug das Chlor nach Forchhammer nur 1,8885. In dem Wasser der *Nordsee* stieg es nicht

---

*) Öfversigt af K. Vet. Acad. Förk. T. II. P. 202.

**) A. a. O. Jackson's Bestimmungen wurden nach den angegebenen specif. Gewichte der untersuchten Meerwasser corrigirt.

auf 1,9. Zwischen Bergen und den *Orkney*-Inseln war es 1,8997, und südwestlich von *Egersund* nur 1,8278. Im Wasser des *Kattegat* beträgt es noch weniger. Im August 1844 war es an der Spitze von *Schonen* 1,1077 und zur Winterzeit 0,6212. Ich fand zwischen *Belgien* und *England* nur 1,8118 Proc.

Der an den Küsten abnehmende Salzgehalt, der bei der Bestimmung des Chlor, weil es der mehr als die Hälfte betragende Bestandtheil des Meerwassers ist, am merklichsten hervortritt, kann nur die Folge der vom Lande in das Meer strömenden süfsen Gewässer sein. Sind es auch nur kleine Inseln, aus denen sich nur kleine Flüsse in das Meer ergiefsen: so ist es doch eine stets fortdauernde Verdünnung, die das Meer dadurch erleidet, und diese Verdünnung mufs um so bedeutender werden, je weniger tief das Meer an den Küsten ist.

Nach Forchhammer variirt der Gehalt der Schwefelsäure mehr, als der des Chlor. Während dieses im *Atlantischen* Meer um 0,01 variirt, variirt der Gehalt der Schwefelsäure um 0,015 Proc. (Maximum = 0,2436, Minimum = 0,2289 Proc.). Jackson fand sogar einen Unterschied im Schwefelsäure-Gehalt von 0,144 Proc. (Max. = 0,243, Min. = 0,129 Proc.). Ich fand im Canal zwischen *Belgien* und *England* 0,2141. Der Gehalt der Kalkerde variirte nur um 0,0003 (Max. = 0,0598, Min. = 0,0595) und der der Magnesia um 0,0093 (Max. = 0,2209, Min. = 0,2116).

Dafs der Gehalt an Schwefelsäure mehr variirt, als der an Chlor, mag davon herrühren, dafs dem Meere durch die Flüsse bei weitem mehr schwefelsaure Salze als Chlorüre zugeführt werden, und dafs das Chlor als einfacher Körper keiner Zersetzung fähig ist *), während die Schwefelsäure

*) Sollte auch nach den Untersuchungen von Ludwig und Theobald (Poggend. Ann. Bd. LXXXVII. S. 91). eine Umwandlung des Chlormagnesium in kohlensaure Magnesia durch den Einflufs von Meerespflanzen statt finden: so würde doch das Chlor zurückbleiben und eine Verbindung mit dem Calcium im kohlensauren Kalk eingehen. Das dadurch gebildete Chlorcalcium würde indefs wieder durch die schwefelsaure Magnesia in schwe-

in ihren Verbindungen mit Salzbasen durch organische Substanzen so leicht zersetzt wird; mithin an die Stelle der schwefelsauren Salze Schwefelmetalle treten *). Da durch diese Zersetzungen die Kalkerde der schwefelsauren Kalkerde sich mit Kohlensäure vereinigt: so bleibt sie im Meerwasser zurück. Hieraus erklärt sich, warum Variationen der Schwefelsäure 33 Mal so viel betragen, als die der Kalkerde **).

---

felsauren Kalk und Chlormagnesium zersetzt werden. Durch diesen Zersetzungsprocefs würde also nicht die Menge des Chlormagnesium in Meerwasser, sondern nur die der schwefelsauren Magnesia vermindert werden. Dieses Salz ist es aber, welches durch die Flüsse dem Meere in nicht unbedeutenden Quantitäten zugeführt wird (S. 1526).

*) Wir haben gesehen (Bd. I. S. 925 ff. und S. 656), dafs diese Zersetzung schwefelsaurer Salze ein grofsartiger Procefs im Meere ist. A. Hayes (Sillim. americ. Journ. March 1851. P. 241) untersuchte Kupfer- Bronze- Messing- und Silbermünzen, die lange auf dem Meeresgrunde gelegen hatten. Erstere waren mit einem krystallinischen Ueberzuge von Schwefelkupfer, oder Schwefelkupfer mit Schwefelzinn bedeckt. Von zwei Silberdollars, welche in einem an der Küste von *Cumana* untergegangenen Schiffe 35 Jahre lang in 50 bis 80 Fufs Tiefe gelegen hatten, und theils in Schlamm eingesunken, theils von einer 6 bis 12 Zoll dicken Korallenschicht bedeckt waren, hatten sich 20 und 13,39 Proc. in eine krystallinische Kruste, welche aus Schwefelkupfer, Schwefelsilber und Schwefelgold (?) bestand, umgewandelt. Die Chlorüre des Meerwassers fanden sich nur als anhängende Spuren darin. Mit Recht schreibt Hayes die Schwefelung der Reduction der schwefelsauren Salze durch organische Materien zu (S. 1526).

Ebenso wie Metalle in Schwefelmetalle, so können sich unzweifelhaft auch Metalloxyde und Metallsalze in Schwefelmetalle im Meere umwandeln. Was also ihm von solchen Substanzen durch die Gewässer zugeführt wird, wird eine solche Umwandlung erleiden, und so begreift man die Entstehung von Schwefelmetallen in sedimentären Gesteinen, wie z. B. des Schwefelkupfers mit Schwefelsilber im Zechstein und des Bleiglanzes im bunten Sandstein.

**) Chlor und Schwefelsäure können im Meerwasser mit grofser Genauigkeit bestimmt werden. Zur Bestimmung des ersteren

Abstrahirt man von den sehr abweichenden Bestimmungen des Gehaltes an festen Bestandtheilen in der *Nordsee* (I bis V): so fällt dieser Gehalt in den übrigen Analysen zwischen 3,26 und 3,84 Proc. Nach Darondeau*) fällt er im *Atlantischen* Ocean, *Stillen* Meer, *Golf* von *Bengalen* und im *Indischen* Meer zwischen 3,218 und 3,669 Proc. Schliefst man diese Bestimmung mit ein: so ist das Minimum = 3,218 und das Maximum 3,84 und die Differenz = 0,622 Proc. Diese Differenz macht ungefähr den sechsten Theil des gröfsten Gehaltes des Meerwassers aus. Nach meinen und v. Bibra's Bestimmungen (VI und VII) fällt auch der Gehalt der *Nordsee* innerhalb jener Grenzen.

Der ungleiche Gehalt an festen Bestandtheilen findet seine Erklärung in der ungleichen Verdunstung in verschiedenen

---

mittelst salpetersaurem Silberoxyd ist das Abdampfen desselben nicht nöthig; ein Verlust an Chlor kann daher nicht statt finden. Das theilweise Abdampfen des Meerwassers, um die schwefelsauren Salze etwas zu concentriren und die Schwefelsäure durch Chlorbaryum vollständig niederzuschlagen, führt hingegen keinen Verlust an dieser Säure herbei. Vollständige Analysen des Meerwassers erfordern viel Zeit und Sorgfalt; eine Abkürzung des Verfahrens ist daher sehr wünschenswerth. Durch die vielen und zum Theil mit grofser Sorgfalt ausgeführten Analysen von Meerwasser ist, in Beziehung auf die Hauptbestandtheile, dessen qualitative und selbst dessen quantitative Zusammensetzung so genau bekannt, dafs durch weitere vollständige Analysen nicht sehr viel mehr zu erreichen ist. Weitere Untersuchungen können in geologischer Beziehung nur den Hauptzweck haben, die Verschiedenheiten oder Aehnlichkeiten des Meerwassers in verschiedenen Gegenden und in verschiedenen Tiefen zu ermitteln, und dazu reicht die quantitative Bestimmung des Chlor und der Schwefelsäure ziemlich hin. Diese fordert aber so wenig Zeit und Mühe, dafs jeder Chemiker, wenn ihm auch von einem Weltumsegler hundert Wasserproben aus den verschiedensten Gegenden dargebracht werden sollten, diese Bestimmungen in nicht sehr langer Zeit mit aller Genauigkeit vollenden könnte. Daher kann nur gewünscht werden, dafs Untersuchungen nach diesem Gesichtspuncte sehr vervielfältigt werden.

*) a. a. O.

Breitengraden, in dem Schmelzen grofser Eismassen in den Polarzonen und in dem Zuflufs grofser Ströme. Die Unterschiede in diesem Gehalte würden noch bedeutender sein, wenn nicht durch die Ebbe und Fluth und durch verschiedene Strömungen, namentlich durch die grofse Aequinoctial-Strömung, die Wasser beständig fort mit einander gemischt würden.

Noch viel bedeutender treten die Differenzen im Betrage der Salze der eingeschlossenen Meere (Binnenmeere) hervor, wenn man diesen mit dem der vorstehenden Analysen vergleicht. Es sind nur vier Binnenmeere, deren Wasser analysirt wurden *).

Mittelländisches Meer.

| | I | II | III | IV | V |
|---|---|---|---|---|---|
| Betrag der Salze | 3,69 | 4,07 | 2,91 | 3,43 | 3,77 |
| Chlornatrium . . | 68,02 | 66,81 | 76,73 | 76,33 | 78,14 |
| Chlormagnesium . | 14,23 | 15,07 | 8,90 | 8,82 | 8,55 |
| Chlorkalium . . . | — | 0,03 | 2,86 | 3,24 | 1,34 |
| Bromnatrium . . | — | — | — | — | 1,48 |
| Schwefels. Kalk . | 0,41 | 0,37 | 2,07 | 2,60 | 3,60 |
| „ „ Magnesia | 16,93 | 17,23 | 9,44 | 9,01 | 6,58 |
| Kohlens. Kalk . | 0,41 (Kalk und Magnesia zusammen) | 0,02 | — | — | 0,30 |
| „ „ Magnesia | | 0,47 | — | — | — |
| Eisenoxyd . . . | — | — | — | — | 0,01 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

*) Die Analysen des *Schwarzen* und des *Asowschen* Meers haben wir oben (S. 1537) angeführt. In dem Folgenden theilen wir zur leichteren Vergleichung mit der Zusammensetzung des Oceans, die Mengen ihrer Bestandtheile, nach Procenten des Betrags der Salze, nochmals mit.

Nach Giraud (Journal für pract. Chem. Bd. L. S. 51) enthält das Wasser des *Rothen* Meers im *Golf* zu *Suez* 4, und auf dem Wege bis *Bombay* 3,9 Proc. Salze, während das des *Atlantischen* Ocean bei den *Canarischen* Inseln 4,4 Proc. enthalten soll. Dieser, allen bisherigen Bestimmungen des Gehaltes des *Atlantischen* Meeres übertreffende Betrag läfst aber Zweifel an der Richtigkeit übrig.

I Einige Meilen von *Marseille* nach A. Vogel*).

II nach Laurens**).

III Aus den Lagunen von *Venedig* nach Calamai***).

IV Aus dem Hafen von *Livorno* nach demselben.

V In der Nähe von *Cette*, 3000 bis 4000 Meter vom Ufer und in 1 Met. Tiefe, nach Usiglio †).

Abstrahiren wir von den Analysen I und II, welche gewiſs fehlerhaft sind, so zeigen III, IV und V eine dem Wasser des Ocean so nahe kommende Zusammensetzung, daſs man eine wesentliche Verschiedenheit zwischen diesem und dem Wasser des *Mittelländischen* Meeres nicht erkennen kann. In den Lagunen von *Venedig* zeigt sich eine Verdünnung des Meerwassers durch die einströmenden Flüsse. Der Betrag der Salze in IV und V kommt aber ganz überein mit dem im Ocean ††).

Nach Forchhammer †††) ist das an Chlor reichste Meerwasser das aus dem *Mittelländischen* Meer in der Nachbarschaft von *Malta*. Es enthält 3,7177 Proc. fester Bestandtheile; mithin nahe so viel als in V und mehr, als die sämmtlichen von Bibra analysirten Wasser des Ocean. Das Chlor beträgt 2,0046 Proc.; mithin 0,05 Proc. mehr als das Maximum des Chlor im *Atlantischen* Ocean. Auch den Kalkgehalt im *Mittelländischen* Meer fand Forchhammer im Verhältniſs von 0,064 : 0,0676 gröſser, als in dem des *Atlantischen* Meeres; dagegen zeigte sich der Gehalt an Magnesia nicht gröſser. Bei *Gibraltar* war er z. B. = 0,2133, weiter hinein noch niedriger, z. B. bei *Malta* = 0,2074 und bei *Corfu* = 0,1826.

Aus dem *Schwarzen* und *Atlantischen* Meer strömt fort-

*) Schweigger's Journ. Bd. VIII. S. 344.

**) Journal der Pharmacie Bd. XXI. S. 93.

***) Gazzetta Toscana delle scienze medico-fisiche 1847. P. 113.

†) Compt. rend. T. XXVII. P. 429 und Annal. de Chim. et de Phys. T. XXVII. P. 92 u. 172.

††) Hinsichtlich des in groſsen Tiefen gefundenen bedeutenden Salzgehaltes des *Mittelländischen* Meeres verweisen wir auf Cap. V.

†††) Ofversigt etc.

während Wasser in das *Mittelländische* Meer. Das *Schwarze* Meer enthält nur 1,77 Proc., das *Atlantische* gleichfalls weniger Salze, als das *Mittelländische* Meer. Viele Flüsse und darunter der bedeutende *Nil* führen süfses Wasser in dasselbe. Da mithin von allen Seiten salzarmes Wasser in dieses Meer gelangt, und es dennoch salzreicher als andere Meere ist: so mufs es sich durch Verdunstung concentrirt haben und wird sich noch fortwährend concentriren. Diese starke Verdunstung ist den heifsen und trocknen Winden von den Küsten *Africa's* zuzuschreiben *).

| | I | II | III |
|---|---|---|---|
| Betrag der Salze . . . | 1,77 | 1,19 | 1,77 |
| Chlornatrium . . . . . | 79,39 | 81,30 | 84,70 |
| Chlormagnesium . . . | 7,38 | 7,47 | 9,73 |
| Chlorkalium . . . . . . | 1,07 | 1,08 | — |
| Brommagnesium . . . | 0,03 | 0,03 | — |
| Schwefels. Kalk . . . . | 0,60 | 2,42 | 0,13 |
| „ „ Magnesia . . | 8,32 | 6,43 | 4,96 |
| Kalkbicarbonat . . . . | 2,03 | 0,18 | 0,40 |
| Magnesiabicarbonat . . | 1,18 | 1,09 | 0,08 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

I *Schwarzes* Meer nach Göbel.
II *Asowsches* Meer nach demselben.
III *Ostsee* nach Pfaff **).

Im Allgemeinen kommt I und II der Zusammensetzung des *Mittelländischen* Meers so nahe, dafs man das *Schwarze* und das *Asowsche* Meer als ein durch süfses Wasser verdünntes Wasser jenes Meeres betrachten kann. Die so überaus geringe Menge schwefelsaurer Kalkerde in I ist nicht zu erklären, und um so weniger, da sich der Gehalt dieses Salzes in II ziemlich dem im *Mittelländischen* Meere nähert. Eine

*) Wie bedeutend die Verdunstung in warmen Climaten ist, zeigt unter anderen das *Todte* Meer, wovon im Kap. V die Rede sein wird.

**) Schweigger's Journ. B. XXII. S. 271.

Wiederholung dieser Analysen, womit die des Wassers des *Don* zu verknüpfen wäre, ist sehr zu wünschen.

Auch die *Ostsee* ist als ein durch süfses Wasser verdünntes Meerwasser zu betrachten. Beachtet man, dafs sich die Flüsse *Polens*, *Kurlands*, *Lieflands*, *Estlands*, *Finlands* und *Schwedens*, die *Oder* und die *Newa* in die *Ostsee* ergiefsen, und dafs dieses Binnenmeer im Verhältnisse zu den grofsen Wassergebieten seiner Flüsse wenig bedeutend erscheint; so kann sein geringer Gehalt an festen Bestandtheilen nicht im mindesten befremden. Unmöglich kann aus der *Ostsee*, besonders wegen seiner Lage in höheren Breiten, so viel Wasser verdunsten, als ihm durch die Flüsse zugeführt wird. Es mufs sogar auffallend erscheinen, dafs sein Gehalt mit dem des *Schwarzen* Meers übereinkommt, welches doch in niederen Breiten als die *Ostsee* liegt. Im Allgemeinen findet aber eine Strömung aus der *Ostsee* durch das *Cattegat* nach der *Nordsee* statt, und dieser Strömung entspricht nach Patton *) ein Unterstrom in entgegengesetzter Richtung. Wenn schon dadurch eine Vermischung des salzärmeren Wassers der *Ostsee* mit dem salzreicheren der *Nordsee* statt findet: so wird noch mehr von diesem Wasser der *Ostsee* nach anhaltenden nordwestlichen Stürmen, besonders während der Sturmfluthen, zugeführt. Das *Atlantische* Meer steigt, dringt in die *Ostsee* und bringt schreckliche Zerstörungen in den Inseln des *dänischen* Archipelagus hervor. Diese Strömungen zeigen ihre Wirkungen, obgleich in vermindertem Grade, selbst noch in der Nähe von *Danzig* **).

Dafs, ungeachtet so oft wiederholter Vermischungen des Wassers der *Nordsee* mit dem der *Ostsee*, der Salzgehalt in dieser, welcher nur ungefähr halb so viel beträgt als in jener, doch nicht steigt, ist ein evidenter Beweis, dafs dieser geringe Salzgehalt eine Folge der Zuführung süfsen Wassers durch die in die *Ostsee* sich mündenden Flüsse, und der geringen Verdunstung aus diesem Binnenmeer ist.

---

*) Edinb. Philos. Journ. N. VIII. p. 245.

**) von Hoff, Geschichte der Veränderungen der Erdoberfläche Bd. I. S. 73.

Alle Substanzen, welche die Gewässer aus den Gesteinen auflösen, müssen sich im Meerwasser wieder finden; denn mit Ausnahme einiger Seen, die keinen Abflufs haben, gelangen alle Gewässer in das Meer. Es ist auch, und namentlich in der neueren Zeit gelungen, mehrere dieser Substanzen im Meerwasser nachzuweisen. Schon in den vorhergehenden Analysen wurden mehrere derselben aufgeführt.

Jod konnte mit Bestimmtheit noch nicht im Meerwasser nachgewiesen werden, obwohl es sicher darin enthalten ist; denn alle organischen Wesen des Meeres enthalten es. Es wird erst dann erkannt und quantitativ bestimmt werden können, wenn es einmal gelingt, das Meerwasser von den Brom-Verbindungen zu befreien, welche die Reaction auf Jod verhindern. Wilson *) fand Fluor zuerst in der *Nordsee* (Bd. I. S. 493) und später auch in verschiedenen anderen Meerwasser-Proben. Forchhammer **) fand es auch im Meerwasser bei *Kopenhagen*. Die Menge des in 100 Pf. dieses Wassers enthaltenen Fluorcalcium schätzt er nicht über ½ Gran. Auch in verschiedenen Korallen fand er Fluor. Nach ihm sind ferner im Meerwasser sehr geringe Mengen von Ammoniak, Mangan, Baryt oder Strontian enthalten, neben Eisen und Kieselsäure, welche in verhältnifsmäfsig gröfserer Menge darin vorkommen.

Da im Meere eine so ungeheure Menge von Thieren, welche Phosphorsäure enthalten, entstehen und untergehen: so kann die Gegenwart dieser Säure im Meerwasser nicht zweifelhaft sein. Forchhammer fand sie auch in dem Meerwasser bei *Kopenhagen*. Ebenso wies Völcker ***) in Kesselsteinen von See-Dampfschiffen 0,03 bis 0,04 Proc. Phosphorsäure nach.

Von den kohlensauren Erden im Meere war schon oben (S. 1130) die Rede. Im Kap. I. haben wir gesehen, welche bedeutende Quantitäten kohlensaurer Kalk ihm durch die

---

*) Chem. Gaz. 1849. P. 404.

**) Jameson's new philos. Journ. 1850. April. P. 345, und Procedings of the royal society of Edinburgh II. No. 38. P. 303.

***) Chem. Gaz. 1850. P. 346.

Flüsse zugeführt werden. Nach Forchhammer enthält alles Meerwasser nach dem Filtriren kohlensauren und phosphorsauren Kalk aufgelöst. Bei der Untersuchung des tieferen Meerwassers an den Stränden fand er, dafs es reicher an Kalkerde und ärmer an Magnesia wird, wenn der Meeresgrund aus Thonmergel besteht und gleichzeitig kieselsaure Thonerde und kohlensauren Kalk enthält. Es soll ein Theil des kohlensauren Kalk gegen die Magnesia in der schwefelsauren Magnesia ausgetauscht werden, indem sich ein Doppelsilicat aus Thonerde und Magnesia bildet. Es müfste daher schwefelsaurer Kalk entstehen und Kohlensäure entwikkelt werden. Dieser Zersetzungsprocefs verdient durch Versuche im Laboratorium näher constatirt zu werden. Wo der Meeresgrund nur aus Muscheln, Kreide oder Quarzsand besteht, bleibt der Gehalt an Magnesia unverändert.

Von der Gegenwart der Kieselsäure und der Silicate im Meerwasser war oben (Bd. I. S. 978 und 844) die Rede.

Malaguti, Durocher und Sarzeaud *) fanden einen geringen Gehalt an Silber im Seesalz, im Steinsalz und selbst im Meerwasser aus dem Canal bei *St. Malo* (etwa 1 Milligr. in 100 Litern). Reichlichere Mengen fanden sie in verschiedenen Fucusarten (in Fucus serratus 0,00001 in F. ceramides 0,00000001). Blei und Kupfer entdeckten sie im Meerwasser selbst nicht, wohl aber in der Asche von Fucusarten: ersteres betrug 0,000018. Diese Metalle sollen im Meerwasser als Chlorverbindungen enthalten sein. Auch Arsenik kommt im Meerwasser vor; denn die Kruste im Kessel eines Dampfschiffes, welcher mit Meerwasser gespeist wurde, zeigte einen Arsenikgehalt von 0,000001 **) Daubrée giebt an, dafs er in 1 Kilogr. Abdampferückstand von Meerwasser 0,009 Grm. Arsenik gefunden habe.

Oben (Bd. I. S. 571 ff.) haben wir die Gegenwart der Salze, namentlich der Chlorüre und Sulphate von den krystallinischen Gesteinen abzuleiten versucht. Damals existirten nur zwei Analysen von Flufswassern; es fehlte daher an

---

*) Ann. de chim. et de phys. 3. Ser. T. XXVIII. P. 129.

**) Compt. rend. T. XXXII. P. 827.

einer sichern Grundlage, die Menge der Salze zu schätzen, welche dem Meere durch die Flüsse zugeführt wird. Wir überschätzten die Menge des Kochsalzes, dessen reicher Gehalt in Mineralquellen uns täuschte. Es ging uns wie allen Geologen, welche, ohne vorhergegangene chemische Analysen, geologische Erscheinungen zu erklären versuchen.

Schwefelsaure Salze werden dem Meere durch die Flüsse in gröfserer Menge als Chlorüre zugeführt (S. 1527). Jene erleiden aber eine Zersetzung, und es bleiben blofs ihre Basen im Meerwasser zurück (S. 1556). Diese werden nicht zersetzt und sie vermehren daher den Gehalt der Chlorüre. Ob die schwefelsauren Salze in dem Verhältnisse dem Meere zugeführt werden, als sie zersetzt werden, ist natürlich nicht zu entscheiden.

Von den in den geschichteten Formationen enthaltenen Salzen kann nicht die Rede sein, wenn man den Ursprung der Salze im Meere erklären will; denn sie sind diesen Gesteinen vom Meere blofs geliehen worden. Nur von den nicht geschichteten krystallinischen Gesteinen (Granit, Porphyr, Syenit, Trachyt, Basalt u. s. w.) wäre der Salzgehalt im Meere abzuleiten, da diese, nach den Vorstellungen der Geologen, aus dem Innern der Erde aufgestiegen sein sollen. Diese Gesteine sind aber, was ihre Verbreitung betrifft, jenen sehr untergeordnet. Sollten daher diese Gesteine die Salze des Meeres heraufgebracht haben: so müfsten sie sehr reich damit beladen gewesen sein.

Während der ganzen sedimentären Periode vom Uebergangsgebirge bis zu den tertiären Formationen hat sich, wenn auch nicht an allen Orten, Steinsalz abgesetzt. Kann man nun annehmen, dafs dieser Absatz aus dem Meere erfolgt sei: so mufsten dadurch demselben ungeheuere Quantitäten Kochsalz entzogen worden sein. Die bekannten Steinsalz-Lager können keinen Maafsstab zur Schätzung des in den sedimentären Formationen enthaltenen Kochsalzes geben; denn jährlich werden neue Lager erbohrt, und es ist gar nicht abzusehen, welche grofse Verbreitung derselben in der Folge noch bekannt werden wird.

Von dem Steinsalz, welches in reinen Lagern vorkommt, wird durch die Flüsse nur wenig wieder in das Meer

zurück geführt (Bd. I. S. 172 u. 206). Das Kochsalz, welches dem Meere zugeführt wird, kann daher nur von demjenigen herrühren, welches in geringen Mengen in den Gesteinen enthalten ist und von den sie durchdringenden Gewässern aufgelöst wird. Diefs kann aber unmöglich ein Aequivalent der mächtigen Steinsalzlager sein, welche sich während der ganzen sedimentären Periode aus dem Meerwasser abgeschieden haben. Während dieser Periode kann daher der Gehalt an Kochsalz im Meere nicht nur nicht zugenommen, sondern er mufs in dem Verhältnisse abgenommen haben, als der Absatz des den Gewässern unzugänglichen Steinsalzes die Menge des von krystallinischen Gesteinen herrührenden Kochsalzes übertrifft.

Der Salzgehalt im Meere mufs wenigstens ebenso alt sein, als die Ablagerung des Uebergangsgebirges. Zustände und Verhältnisse besprechen zu wollen, wie sie vor dem Absatze des Uebergangsgebirges auf Erden statt gefunden haben, geht über unsern Horizont hinaus.

Wenn einstens die sedimentären Gesteine, welche die reinen Steinsalzlager bedecken, durch die Gewässer fortgeführt worden sein werden, und diese Zutritt zu den Steinsalz-Lagern erhalten: so wird ihr Kochsalz wieder in das Meer gelangen. Diefs kann aber nur dann stattfinden, wenn die Steinsalzlager über der Meeresfläche liegen; denn die unter derselben gelegenen, wie z. B. bei *Artern*, *Stafsfurth* und *Schöningen*, welche 562, 576 und 1350 Fufs unter dem Meeresspiegel erbohrt wurden, würden zwar durch die in sie dringenden Gewässer aufgelöst werden, aber es würden sich Salzseen bilden, aus denen das Salzwasser nur dann in das Meer gelangen könnte, wenn ihr Wasserspiegel über den des Meeres gestiegen wäre.

Der Gyps, welcher dem Meere durch die Flüsse zugeführt wird, kann nicht von den mit Steinsalz wechselnden Gyps- und Anhydrit-Lagern herrühren; denn eben so wenig als jenes, sind diese den Gewässern zugänglich. Wir müssen daher schliefsen, dafs vor dem Absatze jener Lager das Meerwasser sowohl an Kochsalz, als an schwefelsaurem Kalk reicher war als jetzt. Mehr als ungefähr das Dreifache von dem jetzigen Gehalte der schwefelsauren Kalkerde kann aber

nie im Meerwasser enthalten gewesen sein; denn dann wäre es mit diesem Salze gesättigt gewesen.

Durch den Absatz des reinen Steinsalzes und des Gypses wurden dem Meerwasser fast nur diese Salze entzogen; denn die Analysen des ersteren enthalten nur ganz unbedeutende Mengen von Chlormagnesium, manchmal gar keines (Kap. V). Mit Ausnahme des Steinsalzes in drei Fundorten findet sich in demselben auch keine schwefelsaure Magnesia. Diese beiden Magnesia-Salze sind daher nach dem Absatze des reinen Steinsalzes gröfstentheils in dem Meerwasser zurückgeblieben. Da sich in den Flufswassern Chlormagnesium nicht selten findet *): so mufs es auch in den Gebirgsgesteinen enhalten sein; in den sedimentären Gesteinen, welche sich aus dem Meerwasser abgesetzt haben, kann es nur von diesem herrühren. Wir haben schon auf den bedeutenden Gehalt an schwefelsaurer Magnesia in mehreren Flüssen aufmerksam gemacht (S. 1526). Dieses Salz mufs daher in noch bedeutenderen Mengen in Gebirgsgesteinen enthalten sein, als das Chlormagnesium, und diejenige schwefelsaure Magnesia, welche die Gewässer aus sedimentären Gesteinen des Meeres extrahiren, kann gleichfalls nur von diesem herrühren.

Wenn daher diese Magnesia-Salze in dem Meere, aus dem sich Steinsalz und Gyps abgesetzt hatten, relativ zunehmen mufsten: so zeigt auf der andern Seite ihre Gegenwart im unreinen Steinsalze, welches meist das reine bedeckt, und in den sedimentären Gesteinen, dafs ein Theil derselben dem Meerwasser durch den späteren Absatz der Kalk-, Sand- und Schiefer-Gesteine gleichfalls entzogen wurde. Diese Magnesia-Salze wurden daher und werden noch dem Meere wieder zugeführt.

Ueberdiefs sind es diese Bestandtheile der Flufswasser, welche, nebst dem schwefelsauren Kalk, beständigen Zerset-

*) Man würde es wahrscheinlich noch häufiger finden, wenn es nicht bei der chemischen Analyse der Flufswasser so schwierig wäre, zu entscheiden, ob geringe Mengen der gefundenen Magnesia dem Chlor oder der Schwefelsäure oder der Kohlensäure zuzutheilen sind.

zungsprocessen durch die von den Quellen aus den Gebirgsgesteinen aufgenommenen kohlensauren Alkalien unterliegen, wodurch Chlornatrium, Chlorkalium, und erdige Carbonate entstehen. Während sich dadurch die löslichen Magnesia- und Kalk-Salze beständig vermindern, vermehren sich auf der andern Seite diese alkalischen Salze, und die ursprünglichen Verhältnisse zwischen den verschiedenen Bestandtheilen des Meerwassers werden auf diese Weise theilweise wieder hergestellt.

Die Menge der jetzt noch im Meere befindlichen Salze und namentlich der vorherrschenden liefse sich, da sie in ziemlich constanten Verhältnissen darin enthalten sind, approximativ berechnen, wenn die mittlere Meerestiefe bekannt wäre.

Aus den vorstehenden Betrachtungen ergiebt sich, dafs die festen Bestandtheile des Meerwassers seit der Schöpfungsperiode einem beständigen Kreislaufe unterworfen waren, und dafs dieser Kreislauf immer fortdauern wird. Die jetzt noch im Meerwasser aufgelösten fixen Bestandtheile scheinen daher schon ursprünglich, wenn auch in anderen Verhältnissen, vorhanden gewesen zu sein.

Von dem Gehalte an Gasen im Meerwasser, welcher in geologischer Beziehung von Wichtigkeit ist, war schon früher (S. 1130 ff.) die Rede. Wir fügen nur noch folgendes hinzu.

Lewy *) fand zwischen *Havre* und *Kopenhagen* die Variationen in der Zusammensetzung der atmosphärischen Luft über dem Meere gröfser, als über dem Continent. Diefs steht im Zusammenhange mit der Zusammensetzung der vom Meerwasser absorbirten Gase. Morren (der Aeltere) **) fand die Luft im Meerwasser (in der Gegend von S. *Malo*) zwischen $\frac{1}{30}$ und $\frac{1}{20}$, im süfsen Wasser dagegen zwischen $\frac{1}{45}$ und $\frac{1}{30}$ vom Volumen des Wassers wechselnd. Süfses Wasser verliert seinen Luftgehalt leichter, als Meerwasser. Unter normalen Umständen enthält bei trübem Himmel das süfse Wasser 32 Proc. Sauerstoff- und 2 bis 4 Proc. Kohlensäuregas, das Meerwasser 33 Proc. Sauerstoff- und 9 bis 10 Proc. Kohlensäuregas. Nach mehreren klaren Tagen vermehrt sich der Sauerstoff

*) Annal. de chim. et de phys. 1844. T. VIII. P. 425.

**) Ebend. T. XII. P. 5.

und kann 39 Proc. erreichen, während er in den trübsten Tagen bis 31 Proc. herabsinkt. Je mehr sich das Sauerstoffgas vermehrt, desto mehr vermindert sich das Kohlensäuregas, in Folge der Zersetzung der letzteren durch Pflanzen und kleine Thiere unter dem Einflusse des Sonnenlichts. Wenn sich der Sauerstoffgehalt im Meerwasser in gröfserer Menge entwikkelt: so steigt der in der Luft über demselben. Diesem fügt Lewy hinzu, dafs die Menge des Sauerstoffs im Meerwasser bei Tage etwas gröfser als bei Nacht ist, während die der Kohlensäure sich umgekehrt verhält, und dafs gleichzeitig, mit der Zersetzung der Kohlensäure durch die Pflanzen, die organischen Substanzen im Meerwasser dessen schwefelsaure Salze zersetzen und Schwefelwasserstoffgas und Schwefelwasserstoff-Ammoniak erzeugen, wovon das Meer stets eine merkliche Menge enthält (I. S. 657). Diese Verhältnisse zeigen demnach einen innigen Zusammenhang zwischen der Entwicklung der grünen Pflanzen und der Veränderung der im Meerwasser enthaltenen Gase. A. und Ch. Morren *) haben schon früher einen ähnlichen Einflufs der grünen Thierchen unter dem Einflusse des Lichts auf die in süssem Wasser enthaltenen Gase nachgewiesen **).

Von geologischer Bedeutung ist namentlich die durch die vorstehenden Untersuchungeu im Meerwasser nachgewiesene Kohlensäure. Und wie könnte sie auch in einer Flüssigkeit fehlen, in welcher eine bei weitem gröfsere Zahl von Thieren athmet als auf dem Lande? Diese Kohlensäure mufs ununterbrochen fort auflösend auf vorhandene Kalkmassen wirken.

---

*) Mém. de l'Acad. de Bruxelles 1841.

**) Annuaire des Eaux de la France pour 1851. par Deville P. 40. — Aimé stellte ähnliche Versuche mit Algen im Meerwasser an. Annal. de chim. et de phys. T. II. P. 535.

## Kap. IV.

### Mechanische Absätze aus Gewässern.

---

Die Absätze aus Gewässern sind theils mechanische, bewirkt durch die in ihnen schwebenden Theile, theils chemische, bewirkt durch die in ihnen aufgelösten Stoffe. Von letzteren war Bd. I. Kap. IX. die Rede. Manche Sedimente sind mechanische und chemische zugleich, wenn jene durch diese cementirt werden. Durch die chemische Analyse ist diefs nur dann zu ermitteln, wenn das Cement, wie z. B. kohlensaurer Kalk, in Säuren auflöslich ist. Zu den mechanischen und chemischen Sedimenten gehören wohl in den meisten Fällen die Conglomerate.

Die mechanischen Sedimente im Meere aus Flüssen können zunächst nur von den Seeküsten ausgehen. Sie können sich aber sehr weit in das Meer hinein ausdehnen, wie die grofsen Entfernungen zeigen, bis zu welchen der Lauf grofser Ströme noch zu erkennen ist. So weit als dieser Lauf sich erstreckt, werden die schwebenden Theile in das Meer geführt und darin abgesetzt. Noch weiter werden dieselben durch die Strömungen im Meere und durch die Winde fortgeführt.

Zahlreiche Peilungen im *Lake Superior* zeigten, dafs sein Boden hauptsächlich aus einem sehr bindenden Thon, der Muscheln von noch jetzt im See existirenden enthält, besteht. Der Luft ausgesetzt, erhärtet dieser Thon so sehr, dafs starke Schläge erforderlich sind, ihn zu zerbrechen. Er braust schwach mit Säuren und ist an verschiedenen Stellen

im See verschieden gefärbt *). Da die Oberfläche des *Lake Superior* nahe so grofs als ganz England ist: so müssen die von den Flüssen zugeführten schwebenden Theile weit in denselben hinein getrieben werden. In ihm finden auch Strömungen nach verschiedenen Richtungen durch die ununterbrochen herrschenden starken Winde statt, wodurch die feinen schwebenden Theile über grofse Strecken verbreitet werden.

Die chemischen Niederschläge können mitten im Ocean entstehen, wie diefs die Koralleninseln zeigen.

Da die Quellen in der Regel nicht oder doch nur durch zufällige Umstände getrübt werden: so bilden sie nur in seltenen Fällen mechanische Absätze.

Wir unterscheiden mechanische Absätze, welche im Bette der Flüsse selbst, oder in ihren Umgebungen, so weit dieselben bei hohen Wasserständen überfluthet werden, erfolgen, von denen, die in Seen, durch welche Flüsse strömen, und im Meere, in das sich dieselben ergiefsen, statt haben.

Je weiter wir einen Flufs stromabwärts verfolgen, desto feiner finden wir seine Sedimente, und die feinsten Theilchen gelangen in das Meer. Anfangs sind die durch die Flüsse fortgerollten Gesteine scharfkantig und scharfeckig, und bieten daher ihrem Transporte Schwierigkeiten dar. Ist aber die Geschwindigkeit des Flusses hinreichend, sie durch Abreiben abzurunden: so werden sie leichter fortgeschoben. Da die Neigung der Flufsbette sehr veränderlich ist: so werden die Geschiebe da, wo sie gröfser ist, fortgeschoben, bleiben aber da, wo sie geringer ist, liegen und werden erst zur Fluthzeit weiter fortgetrieben. Flüsse, welche einen kurzen und schnellen Lauf haben, wie in den dem Meere nahen *Alpen*, führen ihr Geschiebe bis in dasselbe; diejenigen aber, deren Lauf lang ist und deren Gefälle sehr wechselt, setzen die Geschiebe da ab, wo sich ihre Strömung mindert. Diefs ist der Fall beim *Rhein*, *Po*, *Ganges*, bei der *Rhone*, *Donau* u. s. w. **)

*) Lyell Principles Ed. VII. P. 256.

**) Durch künstliches Eindämmen nimmt die Geschwindigkeit der

Die aus Gletschern kommenden Flüsse sind stets mit einer beträchtlichen Menge schwebender Theile, herrührend vom Zermalmen der Gesteine durch die gewaltige Last der fortrückenden Gletscher, beladen. So enthielt Wasser aus der *Aar*, geschöpft an ihrem Ausflusse aus dem Aargletscher, nach Dollfufs, 14,2 Th. schwebende Theile in 100000 Th. Wasser. Martins *) bemerkt gegen Ebel und Durocher, dafs die Gletscherströme nie weifslichblau erscheinen, welches ich durch meine Beobachtungen nur bestätigen kann. Die Seen aber, in welche sie sich ergiefsen und ansammlen, haben eine schöne azurblaue Farbe, wie der *Genfersee*, oder eine tief pistaciengrüne Farbe, wie der *Brientzersee*; der mit diesem See auf der Landenge von *Interlacken* communicirende *Thunersee* ist aber blau. Die aus den Seen kommenden Flüsse haben gleichfalls eine azurblaue Farbe. Das so gefärbte Wasser der *Rhone* bei ihrem Ausflusse aus dem *Genfersee* contrastirt sehr mit der grauen und mudlichen Farbe der *Arve*, welche unmittelbar aus den Gletschern von *Chamouny* kommt und durch keinen See fliefst. Gleich der *Arve* ist aber die *Rhone* an ihrem Einflusse in den *Genfersee* grau. So fand auch ich die Farbe des *Rhein* oberhalb des *Bodensee* grau, bei seinem Ausflusse aus demselben dagegen mehr dunkelgrün als blau.

Die Gewässer der *Alpen* erscheinen daher nur dann grün oder blau, wenn sie frei von schwebenden Theilen sind. Haben sich dieselben noch nicht gänzlich abgesetzt: so erscheinen die Gewässer grün; sind sie aber ganz frei davon: so tritt die blaue Farbe hervor. Der Unterschied zwischen der Farbe des *Brientzer* und des *Thuner* See's zeigt diefs deutlich. Der Absatz der schwebenden Theile erfolgt aber, wenn die trüben Gletscherbäche in die Seen sich ergiefsen.

---

Flüsse zu und macht sie fähig, viel beträchtlichere Mengen schwebender Theile dem Meere zuzuführen. So sind der *Po* die *Etsch* und fast alle ihre Nebenflüsse zwischen künstlichen Dämmen eingeschlossen, und defshalb haben sich ihre Deltas im *Adriatischen* Meere seitdem sehr vergröfsert. Lyell a. a. O. P. 206.

*) Edinb. n. philos. Journ. 1847. July P. 86.

In diesen oder in den daraus abfliefsenden Strömen kommt daher erst die blaue Farbe zum Vorschein. Wären diese Seen nicht vorhanden: so würden die Alpenströme eben so trübe sein wie andere Flüsse *).

Die Menge der schwebenden Theile in den Flüssen ist natürlich zu verschiedenen Zeiten und in verschiedenen Tiefen sehr verschieden. Im Allgemeinen wächst sie mit der Höhe des Wasserstandes. Es zeigen sich aber Verschiedenheiten, da die Wasserhöhen des Hauptstroms und der sich in ihn ergiefsenden Nebenflüsse nicht immer mit einander übereinstimmen, und da in den ersten Tagen des Regens die gröfste Menge schwebender Theile zugeführt wird. Da die Geschwindigkeit der Flüsse mit der Tiefe abnimmt: so wer-

---

*) Nach Simony (die Seen des Salzkammergutes S. 12) ist das Wasser der Seen des Salzkammergutes während des Thauwetters und nach lange anhaltendem Regen am trübsten, im Winter, besonders vor Eintritt des Frühlings am klarsten. Bei zuflufsreichen grofsen Seen reicht im hohen Sommer die Durchsichtigkeit 5 bis 10 Fufs, im Spätwinter dagegen 24 bis 30 Fufs tief. Im *Fuschl*-See im Salzkammergut konnte die Sonde noch in 40 F. Tiefe wahrgenommen werden. Die vielen Seen daselbst, welche mehr als 30 F. tief sind, zeigen im Spätwinter die dunkelgrüne bis in's Schwarzgrüne übergehende Färbung; sie wird nur in den Untiefen durch die Farbe des Seebodens modificirt. Im Sommer dagegen erscheinen manche blaugrün, stellenweise oft sogar schön himmelblau, während andere ihre grüne und nur durch die verminderte Durchsichtigkeit heller werdende Farbe beibehalten. Obgleich ihre Zuflüsse nur aus dem Alpenkalk kommen: so liegen sie doch in sehr verschiedenen Schichten, und bedingen dadurch eine ziemliche Mannigfaltigkeit in den von den verschiedenen Gewässern fortgeführten Gemengtheilen. Diefs zeigt sich besonders in der verschiedenen Färbung des feinsten Schlammes in den einzelnen Seebecken, und dadurch werden die Modificationen in der Farbe der Seewasser hervorgerufen. Die blaue Farbe scheint, nach Simony, wesentlich von vorherrschendem Mergel und grauen Sandsteinen herzurühren. Der hintere *Gosau*-See, welcher durch die oft ganz milchigen Gewässer des *Gosau*-Gletschers im Hochsommer so getrübt ist, dafs seine Durchsichtigkeit kaum 4 Fufs tief reicht, erscheint von den Höhen gesehen, im schönsten Chrysoprasgrün.

den hier die schwebenden Theile langsamer als auf der Oberfläche fortgeführt.

Da nach S. 1509 die im Wasser der Flüsse aufgelösten Bestandtheile um so weniger betragen, je höher ihr Wasserstand ist: so steht die Menge derselben nahe im umgekehrten Verhaltnisse zu der der schwebenden Theile, wie wir weiter unten sehen werden.

Man hat sich viele Mühe gegeben, die Menge der schwebenden Theile zu ermitteln, welche ein Fluſs dem Meere zuführt *). Wurden dieselben durch Abdampfen einer gewissen Menge Wassers bestimmt: so erhielt man die Menge der schwebenden und aufgelösten Substanzen zugleich. Aus einer einzigen Untersuchung läſst sich auf die Menge der dem Meere zugeführten schwebenden Theile gar nicht schlieſsen. Nur ein Jahr lang fortgesetzte Bestimmungen können einen Anhaltepunct gewähren. Die ersten auf diese Weise angestellten Untersuchungen verdanken wir Everest **). Er fand, daſs das Wasser des *Ganges* in 100000 Gewichtstheilen ***) enthielt.

| | | |
|---|---|---|
| vom | 15 März bis 15 Juni | 21,71 Th. |
| „ | 15 Juni bis 15 Oct. | 194,30 „ |
| „ | 15 Oct. bis 15 März | 44,57 „ |
| | im Mittel | 86,86 „ |

Vergleicht man das Minimum dieser Angaben mit dem unten folgenden der *Maaſs* und des *Rhein*: so ist nicht zweifelhaft, daſs er sie durch Abdampfen des Wassers bestimmt hat. Die jährliche Menge der schwebenden und aufgelösten Theile des *Ganges* würde demnach 6368077440 Cubikfuſs betragen.

Diese Menge würde jährlich ein Lager von 79800 Fuſs Länge und Breite und 1 F. Dicke, oder von 172 engl. Quadratmeilen und 1 F. Dicke geben. Der *Brahmapootra*-Strom

*) Gehler's physikal. Wörterbuch. Neue Bearbeitung T. VIII. P. 213.

**) Journ. of Asiatic Soc. Calcutta 1832. Mars. Daraus in Bibl. univ. 1834. p. 47.

***) Alle folgenden Bestimmungen beziehen sich auf dieses Wassergewicht.

führt wahrscheinlich dem Meere eben so viele feste Bestandtheile zu als der *Ganges* *).

Nach Riddell **) ist der mittlere jährliche Betrag der festen Bestandtheile des *Mississippi* 80,32. Spätere Bestimmungen geben nur 58,82. Wahrscheinlich wurden diese Werthe gleichfalls durch Abdampfen des Wassers erhalten. Aus dem ersteren Werthe berechnet Lyell, dafs die jährliche Menge der festen Bestandtheile, welche dieser Strom dem Meere zuführt, 3702,[m]758400 Cub.F. betrage, und dafs für die Bildung seines Delta, welches 14000 engl. Quadratmeilen grofs ist, ein Zeitraum von 67000 Jahren erforderlich war.

Nach Barrow ***) enthält der *Gelbe* Strom in *China* 500 feste Bestandtheile †). Nach seiner Berechnung führt dieser Strom davon in der Stunde 2 Mill. Cub. Fufs mit sich, und innerhalb 70 Tagen würde er, wenn die Tiefe des *Gelben* Meeres, in welches er sich ergiefst, zu 120 Fufs angenommen wird, eine engl. Quadratmeile desselben und in 24000 Jahren es ganz ausfüllen.

Nach den von Chandellon ††) angestellten täglichen Bestimmungen betrug das Maximum der schwebenden Theile in der *Maas* bei *Lüttich*, während des Monats December 1849, 47,4, das Minimum 1,4 und das Mittel 10.

L. Horner †††) fand im Aug. 1833 im Wasser des *Rhein* bei *Bonn*, als derselbe ungewöhnlich niedrig, trüb und gelb war, 165 Fufs vom linken Rheinufer, 7 F. unter der Wasserfläche und 6 F. vom Grund 31,02 schwebende und aufgelöste Theile. Im November, nachdem kurz vorher viel Regen gefallen, und das Wasser dunkler gelb war, fand er aus der Mitte des Stroms, 1 Fufs unter der Oberfläche

*) Lyell a. a. O. S. 270.

**) Ebend. S. 218.

***) Ebend. S. 268.

†) Ist auch dieser Flufs stets trübe, so ist diefs doch eine ungewöhnlich grofse Menge.

††) Annales des travaux publics de Belgique T. IX. P. 204.

†††) Poggendorff's Annal. Bd. XXXIII. S. 228.

51,45 Th. Steifensand fand am 29. Febr. 1844, nach plötzlichem Anschwellen des *Rhein* bei *Uerdingen* 78 schwebende Theile *). In dem am Ufer bei *Bonn* den 24. März 1851 gechöpften Wasser, als der Strom sehr angeschwollen und trüb war, fand ich 20,5 schwebende Theile; dagegen am 27. März 1852, nach mehrere Wochen anhaltend trockner Witterung, und als schon die schöne blaugrüne Farbe des Wassers auf eine sehr geringe Menge schwebender Theile schliefsen liefs, nur 1,73 in 1000000 Th. Diefs ist wohl so ziemlich das Minimum der schwebenden Theile im Wasser des *Rhein*, und stimmt sehr nahe mit dem Minimum im Wasser der *Maas*.

Die am 24. März 1851 gesammelten schwebenden Theile waren nach dem Trocknen fest zusammen gebacken und weichten nicht im Wasser auf. No. I ist ihre chemische Zusammensetzung und No. II nach Abzug des Wassers und der organischen Substanzen.

Um die Zusammensetzung der schwebenden Theile des *Rhein* oberhalb des *Bodensee* kennen zu lernen, sammelte ich im September 1851 den jüngsten Absatz dieses Stroms im Delta dieses See's. Nach dem Trocknen bildete er ein sehr feines, graues, sandartiges Pulver, ohne allen Zusammenhang. Theils mit blofsem Auge, theils unter der Lupe erkannte man Quarzkörnchen, sehr kleine silberweifse Glimmerblättchen und schwarze Körnchen. Mit Säuren brauste dieser Absatz sehr stark und man konnte neben Kohlensäuregas Spuren von Schwefelwasserstoffgas deutlich riechen. No. III ist die chemische Zusammensetzung dieses Absatzes, und N. IV nach Abzug des Wassers und der Carbonate.

*) Hartsoeker's Angabe, dafs der *Rhein* zur Zeit einer hohen Fluth $\frac{1}{100}$ schwebender Theile enthalte, ist gewifs übertrieben.

| | I | II | III | IV |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . . | 57,63 | 66,20 | 50,14 | 83,36 |
| Thonerde . . . . . | 10,75 | 12,35 | 4,77 | 7,93 |
| Eisenoxyd . . . . . | 14,42 | 16,56 | 2,69 | 4,47 |
| Manganoxyd . . . . | Spur | Spur | 0,35 | 0,58 |
| Kalkerde . . . . . | 2,73 | 3,14 | 0,77 | 1,28 |
| Magnesia . . . . . | 0,24 | 0,28 | 0,34 | 0,57 |
| Kali . . . . . . . | 0,89 | 1,02 | 0,55 | 0,91 |
| Natron . . . . . . | 0,39 | 0,45 | 0,54 | 0,90 |
| Kohlens. Kalk . . . | — | — | 30,76 | — |
| Kohlens. Magnesia . . | — | — | 1,24 | — |
| Kohlens. Eisenoxydul . | — | — | 5,20 | — |
| Glühverlust . . . . | 9,64 *) | — | — | — |
| Wasser . . . . . . | — | — | 0,99 | — |
| Verlust . . . . . . | 3,31 **) | — | 1,66 | — |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

*) Wasser und organische Substanzen.

**) Gröſstentheils von organischen Substanzen herrührend; denn alle Niederschläge bei der Analyse waren in Folge der Zersetzung dieser Substanzen schwarz gefärbt.

Von No. I lösten sich 93,17 Proc. in Salzsäure auf. Durch fortgesetztes Digeriren mit dieser Säure würde wahrscheinlich alles aufgeschlossen worden sein. Die schwebenden Theile im Rheinwasser erscheinen daher als eine zeolithartige Masse. Dieſs ist auffallend, wenn man beachtet, daſs sie von zermalmten Gebirgsarten herrühren, welche, wie z. B. der Thonschiefer, nur 24 bis 29 Proc. durch Salzsäure aufschlieſsbare Bestandtheile enthalten. Den Grund hiervon kann man wohl nur in der ausserordentlich feinen mechanischen Zertheilung der im Rheinwasser schwebenden Theile und in ihrer vorangegangenen theilweisen chemischen Zersetzung suchen. Wie fein diese Theile sind, geht daraus hervor, daſs mehr als 4 Monate verflossen, ehe sich das Wasser vollständig klärte, und daſs ich mich vergebens bemühte, sie durch Filtriren abzusondern. Eine mehr oder weniger fortgeschrittene Zersetzung der Gebirgsgesteine geht in der Regel der Fortführung durch die Gewässer vorher, und sie schreitet durch die vereinte Wirkung des Wassers und der Kohlensäure in denselben fort. Durch diese Zersetzung werden aber

Die schwebenden Theile des *Rhein* haben in ihrer Zusammensetzung Aehnlichkeit mit der der Bd. II. S. 1075 B. angeführten Dachschiefer.

In der Regel ist in den Thonschiefern die Thonerde in überwiegender Menge gegen das Eisenoxyd vorhanden; diese beiden Dachschiefer zeigen aber, wie mit Abnahme der Thonerde das Eisenoxyd zunimmt, ja wie selbst dieses jene überwiegen kann. Es ist also wohl zu begreifen, wie ein eisenreicher Thonschiefer aus den schwebenden Theilen des *Rhein* entstehen kann, wenn diese im Meere nach und nach zu einem Gestein erhärten, entweder in Folge chemischer Processe, die in jedem im Wasser befindlichen Sediment von Statten gehen, oder durch Aufnahme eines Bindemittels (Kieselsäure, kohlensaurer Kalk u. s. w.). Ein chemischer Procefs, die theilweise Zersetzung des Eisenoxydsilicat in Eisenoxydulsilicat durch die desoxydirende Wirkung organischer Ueberreste, (Bd. I. S. 940) findet unzweifelhaft im Meerwasser statt. Die schwebenden Theile des Rheinwassers sind aber reich an organischen Ueberresten. So begreift man, wie das dem Meere als Oxyd zugeführte Eisen mehr oder weniger in Eisenoxydul zersetzt wird, welches sich in um so gröfserer Menge im Thonschiefer findet, je mehr er grün gefärbt ist. Dafs diese schwebenden Theile, die selbst in 4 Monaten im ruhig stehenden Wasser nicht zum vollständigen Absatze kamen, noch viel weniger aus dem, in wenigen Tagen in das Meer fliefsenden und in beständiger Bewegung befindlichen Wasser sich absetzen können, ist von selbst klar. Nur wo keine Strömung ist, wie da, wo der *Rhein* bei hoher Fluth aus seinen Ufern tritt, und das Wasser stagnirt, können sich die schwebenden Theile absetzen.

Durch Vergleichung der Menge der schwebenden und der aufgelösten Bestandtheile des *Rhein* (S. 1511) ergiebt sich Folgendes in 100000 Gewichtstheilen Wasser.

---

die Gesteine mehr oder weniger aufgeschlossen, und die Kieselsäure geht aus ihrer unlöslichen Modification in die lösliche über.

| | Schwebende Theile | Aufgelöste Theile | Summa |
|---|---|---|---|
| Wasser geschöpft am 24. März 1851 . . . . . . | 20,5 | 11,23 | 31,73 |
| Wasser geschöpft am 27. März 1852 . . . . . . | 1,73 | 17,08 | 18,81 |

Die Carbonate, welche in den schwebenden Theilchen fehlen, finden sich in aufgelöstem Zustande. Die kohlensaure Kalkerde, welche die aus dem Kalkgebirge kommenden Nebenflüsse dem *Rhein* zur Zeit der Fluth gewifs gröfstentheils in Suspension zuführen, wird daher vom Wasser dieses Stroms vollständig aufgelöst *).

Die im Rheinwasser zur Zeit der Fluth gefundenen 3,24 Th. kohlensaurer Kalkerde betragen nur ⅜ von der Menge, welche Flüsse, die im Kalkgebirge entspringen (S. 1523), enthalten. Da diesen Flüssen nicht mehr Gelegenheit gegeben ist, Kohlensäure aus der atmosphärischen Luft aufzunehmen, als dem *Rhein*: so ist in diesem dieselbe Menge freier Kohlensäure vorauszusetzen, wie in jenen. Dem gemäfs würde der *Rhein*, wenn ihm auch 8 Mal so viel schwebende Kalktheilchen durch die Nebenflüsse zugeführt würden, als jene

*) Die zur trocknen Jahreszeit krystallklaren Bäche im Kalkgebirge werden bei Regenwetter sehr trübe, weil die Kalktheilchen so leicht vom Wasser fortgeführt werden. Kommt aber solches trübe Wasser in einen grofsen Strom, der, wie der *Rhein* noch lange nicht mit kohlensaurem Kalk gesättigt ist: so lösen sich darin die schwebenden Kalktheilchen auf.

Die im Kalkgebirge entspringenden Quellen zeichnen sich zur trocknen Jahreszeit durch eine ausserordentliche Klarheit aus, die sich selbst dann noch zeigt, wenn ihr Wasser in tiefen Reservoirs gesammelt wird. Es rührt diefs davon her, dafs sie nur aufgelösten, nicht aber schwebenden kohlensauren Kalk enthalten. Die im Thonschiefergebirge entspringenden Quellen sind dagegen manchmal und selbst zur trocknen Jahreszeit durch schwebende Thontheilchen getrübt. Daher erlangen auch die in diesem Gebirge fliefsenden Bäche nur selten und nur da die grofse Klarheit der Bäche im Kalkgebirge, wo ihr Wasser stagnirt.

aufgelöste Menge beträgt, doch alle kohlensaure Kalkerde auflösen.

Wie gering die Menge der dem *Rhein* zur Zeit der Fluth durch seine Nebenflüsse zugeführten schwebenden Kalktheile im Verhältnifs zu seiner grofsen Wassermasse ist, zeigt die Vergleichung der Analysen seines Wassers in No. 3 und 4 (S. 1411). Obgleich das Wasser No. 3 zur Fluthzeit, das Wasser No. 4 bei sehr niedrigem Wasserstande geschöpft wurde: so enthielt dieses doch 3 Mal so viel kohlensauren Kalk wie jenes *).

Aus vorstehenden Betrachtungen ergiebt sich, dafs der *Rhein* gewifs niemals schwebende Kalktheilchen dem Meere zuführt. Sollten solche ihm von anderen Flüssen zugeführt werden: so ist wohl nicht zu zweifeln, dafs dieselben bald nach ihrer Einführung vom Meerwasser aufgelöst werden. Im offenen Meer können daher niemals schwebende Kalktheile gedacht werden. Alle Kalkabsätze im Meere, die Bildung der Muschelschalen, der Korallenbänke etc. verdanken mithin ihren Ursprung dem im Meerwasser aufgelösten kohlensauren Kalk.

Da sich in den schwebenden Theilen des *Rhein* bei *Bonn* kein kohlensaurer Kalk findet: so können nur die geringen Mengen Kieselsäure, Thonerde und Eisenoxyd in den von diesem Strome und seinen Nebenflüssen durchströmten Kalkgebirgen zu seinen mechanischen Absätzen beitragen. Auch die Sandsteine contribuiren nur wenig zu diesen Absätzen, da ihre Quarzkörner sehr schwierig zermalmt werden. Blofs das Bindemittel dieser Gesteine, welches mechanisch oder chemisch von den Gewässern fortgeschlämmt wird, kommt in den *Rhein*. Da das der rothen und bunten Sandsteine meist

*) Als ich die *Würtemberger* Alp während eines nur eintägigen starken Regenwetters passirte, fand ich die in dem dortigen Kalkgebirge entspringenden Bäche so sehr stark getrübt, dafs ich auf einen bedeutend erhöhten Gehalt an aufgelöstem Kalk im Rheinwasser geschlossen haben würde, wenn nicht meine Analysen mich belehrt hätten, dafs zur Fluthzeit die Menge des Wassers in einem viel gröfseren Verhältnisse steigt, als die der zugeführten Kalktheile.

sehr eisenhaltig ist: so trägt es zu dem bedeutenden Eisengehalte in den schwebenden Theilen des Rheinwassers bei. Vorzugsweise sind es also die Schiefer, die krystallinischen Gesteine und die früheren Thonabsätze des *Rhein* und seiner Nebenflüsse, welche wir darin finden. Ihre dem Thonschiefer so nahe kommende Zusammensetzung wird hieraus erklärlich.

Was der *Rhein* bei *Bonn* an schwebenden Theilen mit sich führt, rührt bei weitem in gröfster Menge von den Gebirgen her, welche er und seine Nebenflüsse unterhalb der *Schweizer* Seen, dieser grofsen Kläranstalten (S. 1535), durchströmen. Ganz im Gegensatze mit diesen schwebenden Gemengtheilen finden sich in dem Absatze bei seiner Mündung in den *Bodensee* mehr als $\frac{1}{3}$ kohlensaure Salze. Wenn auch das in den Absätzen des *Rhein* eintrocknende Wasser etwas kohlensaure Kalkerde und kohlensaure Magnesia zurückläfst: so beträgt diefs doch nur sehr wenig. Der gröfste Theil der in jenem Absatze enthaltenen Carbonate ist also in Suspension herbeigeführt worden. Die mächtigen Kalkgebirge, die an Kalkgeschieben so reiche Nagelflue, welche von den Armen des *Rhein* und seiner Nebenflüsse durchströmt werden, erklären den bedeutenden Gehalt an kohlensaurem Kalk. Der Absatz im *Gosau*-See im Salzkammergut, welcher diesem durch die Wasser des *Gosau*-Gletscher zugeführt wird, ist nichts anderes als ein zerriebener Kalk *).

Man sollte vermuthen, dafs ein Strom, welcher kohlensauren Kalk in Suspension mit sich führt, davon mindestens so viel aufgelöst enthalten müsste, als die ganz im Kalkgebirge entspringenden Flüsse (S. 1523). Allein der *Rhein* bei *Basel* enthält nur $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{3}$ so viel kohlensauren Kalk, als diese Flüsse. Dafs sich dieser Gehalt durch den Zusammenflufs mit der *Aar* nicht vermindern kann, geht daraus hervor, dafs dieser Flufs bei *Bern* (S. 1520) sogar noch etwas mehr kohlensauren Kalk enthält, als der *Rhein* bei *Basel*. Wir müssen daher vermuthen, dafs der *Bodensee* und der in ihn fliefsende *Rhein* nahe so viel von diesem Carbo-

*) Simony a. a. O. S. 13.

nat enthält, als der *Rhein* bei *Basel*. In diesem Falle ist aber anzunehmen, dafs seine Strömung oberhalb des *Bodensee*, namentlich zur Fluthzeit, so schnell ist, dafs die suspendirte kohlensaure Kalkerde nicht zur vollständigen Auflösung gelangen kann.

Der Ursprung des Glimmers und des Quarzes des *Rhein*-Absatzes im *Bodensee* ist in den Granit-, Gneifs- und Glimmerschiefer-Gebirgen des Rheinwald-Thales, des *Luckmanier* am östlichen Abhange des *Gotthard*-Gebirges und in der glimmerreichen Nageflue zu suchen.

Die geringe Menge Magnesia in diesem Absatze, welche als Silicat vorhanden war, läfst schliefsen, dafs der Glimmer nicht Magnesia, sondern Kaliglimmer war, welches auch seiner silberweifsen Farbe entspricht. Da in diesem Mineral Kali stets sehr vorherrschend gegen Natron auftritt, in dem Absatze aber beide Alkalien in gleichen Mengen vorkommen: so ist noch auf die Gegenwart einer Feldspath-Species zu schliefsen. Die bedeutende Menge Kieselsäure und die nur 10 Proc. betragende Menge der Basen, welche mit jener verbunden waren, zeigen die Gegenwart einer vorherrschenden Quantität von Quarzkörnern. Die geringe Menge eisenhaltiger Kalkerde läfst schliefsen, dafs die oben erwähnten schwarzen Körnchen ein Eisenoxydul-haltiges Mineral, vielleicht Granat aus dem Glimmerschiefer waren. Die geringen Spuren Gyps im Absatze rühren ohne Zweifel von eingetrocknetem Rheinwasser her. Organische Substanzen haben ihn theilweise in Schwefelcalcium zersetzt, daher die oben (S. 1576) bemerkte Schwefelwasserstoff-Entwicklung.

Der Rheinabsatz im *Bodensee* enthält das Material zur Bildung des Kalkglimmerschiefers, und es ist wohl zu denken, wie er ein solcher werden kann, wenn er durch ein Cement erhärtet und der kohlensaure Kalk krystallinisch wird.

Näher liegt es, diesen Absatz mit demjenigen des *Rhein* zu vergleichen, welcher den Namen Löfs führt, und im Rheinthale und in den Seitenthälern bis zu Höhen von 300 Fufs über den *Rhein* ansteigt.

Die Zusammensetzung des Löſs ist:

| | I | II | III | IV | V |
|---|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . | 58,97 | 79,53 | 78,61 | 62,43 | 81,04 |
| Thonerde . . . | 9,97 | 13,45 | 15,26 | 7,51 | 9,75 |
| Eisenoxyd . . . | 4,25 | 4,81 [1] | | 5,14 | 6,67 |
| Kalkerde . . . | 0,02 | 0,02 | — | — | — |
| Magnesia . . . | 0,04 | 0,06 | 0,91 | 0,21 | 0,27 |
| Kali . . . . . . | 1,11 | 1,50 | 3,33 [2] | 1,75 [2] | 2,27 [3] |
| Natron . . . . | 0,84 | 1,14 | | | |
| Kohlens. Kalk . . | 20,16 [3] | — | — | 17,63 | — |
| Kohlens. Magnesia | 4,21 | — | — | 3,02 | — |
| Glühverlust . . . | 1,37 | — | 1,89 | 2,31 | — |
| | 100,94 | 100,51 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

I Löſs auf dem Wege von *Oberdollendorf* nach *Heisterbach*, nach einer von Kjerulf in meinem Laboratorium angestellten Analyse.

II Dieser Löſs nach Abzug der Carbonate und des Glühverlustes.

III Löſs, welcher unter dem vorigen liegt, nach meiner Analyse. Er unterscheidet sich wesentlich von diesem durch den gänzlichen Mangel an Carbonaten. Die Vergleichung von II mit III zeigt aber, daſs jener nichts anderes ist, als dieser plus kohlensauren Kalk und kohlensaure Magnesia. Als der Löſs III geschlämmt wurde, blieb ein Rückstand von 32,6

---

[1]) Als Oxydul berechnet.

[2]) Aus dem Verlust bestimmt.

[3]) Der Gehalt an Carbonaten variirt sehr bedeutend. Nach Kröcker's Analysen von Löſs aus sieben Fundorten auf dem linken Rheinufer zwischen *Mainz* und *Worms* steigt die Menge der kohlensauren Kalkerde von 12,3 bis 36, und die der kohlensauren Magnesia von Spuren bis zu 3,2 Proc. Die in Säuren unlöslichen Bestandtheile wurden nicht bestimmt. Annal. der Chemie und Pharmacie Bd. LVII. S. 373. Löſs von *Pitten* in *Niederöstreich* enthielt 30,68 Proc. kohlensauren Kalk und 12,33 Proc. kohlensaure Magnesia. R. v. Hauer in Jahresb. der k. k. geolog. Reichsanstalt 1852. S. 118.

Proc., welcher aus eisenhaltigen Quarzkörnern bestand. Hierbei wurden sehr kleine silberweifse Glimmerblättchen sichtbar, welche aber in geringerer Menge, als im Absatze des *Rhein* im *Bodensee* vorhanden waren.

IV Löſs auf der Strasse von *Bonn* nach *Ippendorf*, nach einer von Albrecht Bischof in meinem Laboratorium angestellten Analyse.

V Nach Abzug der Carbonate und des Glühverlustes.

II, III und V entsprechen der Zusammensetzung quarzhaltiger Thonschiefer. Diese Absätze sind daher hauptsächlich als Gemenge aus solchen zermalmten Thonschiefern und aus Carbonaten (kohlensaure Kalkerde und kohlensaure Magnesia) zu betrachten.

Die Aehnlichkeit in der chemischen Zusammensetzung des Thonschiefers und des Glimmerschiefers (S. 1442 ff.) macht es begreiflich, dafs auch dieses Gestein das Material zur Bildung von Löſs liefern kann. In der That kommt auch die chemische Zusammensetzung von II, III und V der des Absatzes des *Rhein* im *Bodensee* (S. 1577 IV) so nahe, dafs man, nach Abzug der ungleichen Mengen von Carbonaten, diese vier Absätze für chemisch identisch nehmen kann. Da auch in dem Löſs III kleine Glimmerblättchen vorkommen: so tritt diese Identität noch mehr hervor.

Der *Rhein* durchströmt von *Basel* bis *Bonn* kein Kalkgebirge. Die ihm durch mehrere seiner aus solchem Gebirge kommenden Nebenflüsse, so wie aus den tertiären Kalkschichten im Becken von *Mainz*, welche er bei dieser Stadt durchschneidet, zugeführten schwebenden Kalktheile kommen nicht in Suspension nach *Bonn*. Der Zustand der Dinge mufste daher damals, als der kohlensauren Kalk haltige Löſs sich absetzte, ein ganz anderer gewesen sein, als jetzt. Gewaltsame Ereignisse, wie ein plötzlicher Durchbruch des *Bodensee*, in Folge eines Erdbebens *), können den Absatz des im ganzen Rheinthale (so weit nicht der Strom von den Gebirgsabhängen eng eingeschlossen ist) in mächtigen Lagern vorkommenden Löſs nicht erklären. Eine solche zum plötzlichen Durchbruche gekommene Wassermasse würde nur un-

*) Lyell, a. a. O. S. 153.

gefähr 5 Mal so viel betragen haben, als der *Rhein* in einem Jahre bei *Basel* vorbeiführt (S. 1530). Wäre sie auch noch so sehr mit schwebenden Theilen beladen gewesen: so würden ihre Absätze doch kaum in Vergleich mit den mächtigen Löfslagern kommen können. Auch die von Ebel wahrscheinlich gemachte Ansicht, dafs der *Rhein* einst nicht durch den *Bodensee*, sondern durch das *Sarganzer*-Thal und durch den *Wallenstädter*- und *Züricher*-See flofs *), reicht nicht hin, dem kohlensauren Kalk im Löfs und im dermaligen Absatze des *Rhein* im *Bodensee* gleichen Ursprung zuzutheilen; denn in diesem Falle würden diese beiden Seen die schwebenden Kalktheile aufgenommen haben. Woher der kohlensaure Kalk im Löfs auch immer rühren mag, er kann sich, wie alle ausgedehnten Absätze der Flüsse, nur während einer sehr langen Periode, und nur aus stagnirendem Wasser abgesetzt haben; denn der Löfs findet sich nur da, wo sich das Rheinthal erweitert. Dieser kohlensaure Kalk kann nicht ein chemischer Niederschlag stagnirender Wasser sein; denn in diesem Falle würden die schwebenden Thontheile zuerst und dann erst der aufgelöste kohlensaure Kalk niedergefallen sein. Der Löfs ist aber ein inniges Gemeng aus diesen beiden Substanzen.

Wenn einst der *Bodensee* durch die Rheinabsätze ausgefüllt sein wird: so werden wahrscheinlich auch unterhalb desselben schwebende Kalktheile mit Thonschiefertheilen gemengt, abgesetzt und neue Löfslager gebildet werden.

Die letzten Absätze des *Rhein*, welche das bei *Bonn* sich erweiternde Thal erfüllen, bestehen aus einem braunen Thon, der meist weder in den oberen noch in den unteren auf Sand und Gerölle ruhenden Schichten mit Säuren braust. An einer Stelle (an der Baumschulallee) brauste der 5 Fufs mächtig auf Kies liegende Thon sehr stark, und dieses Brausen zeigte sich in der ganzen Lage bis 1 Fufs unter der Oberfläche, wo es kaum noch merklich war **). An einer

*) Anleitung die *Schweiz* zu bereisen, 2. Aufl. Bd. IV. S. 5.

**) Wahrscheinlich war der kohlensaure Kalk in der Dammerde theils durch Gewässer nach unten geführt, theils durch die Vegetation verbraucht worden.

anderen, einige hundert Fuſs davon entfernten Stelle zeigten sich dieselben Verhältnisse, während an anderen dem Thalabhange näheren Stellen auch nicht das mindeste Brausen wahrzunehmen war.

Die Analyse des mit Säuren brausenden Thons lieferte folgende Resultate:

| | I | II |
|---|---|---|
| Kieselsäure . . . . . | 62,30 | 77,34 |
| Thonerde . . . . . . | 7,96 | 9,88 |
| Eisenoxyd . . . . . . | 7,89 | 9,80 |
| Magnesia . . . . . . | 0,09 | 0,11 |
| Alkalien . . . . . . | 2,31 *) | 2,87 |
| Kohlens. Kalk . . . . . | 13,81 | — |
| Kohlens. Magnesia . . . | 0,53 | — |
| Glühverlust . . . . . | 5,11 | — |
| | 100,00 | 100,00 |

I Wurde zur Absonderung des Quarzsandes geschlämmt; dennoch war das Geschlämmte nicht ganz frei von feinen Quarzkörnern.

II Nach Abzug der Carbonate und des Glühverlustes.

Dieser Thon kommt dem Löſs (S. 1583 IV) sehr nahe, und gleichfalls dem Absatze des *Rhein* im *Bodensee* (S. 1577 IV). Diese drei Absätze, wovon der Löſs der älteste, der im *Bodensee* der jüngste ist, zeigen, wenn man die Carbonate in Abzug bringt, eine sehr nahe Uebereinstimmung, welche noch gröſser sein würde, wenn man alle Quarzkörnchen absondern könnte. Da sie von sehr weit von einander entlegenen Perioden herrühren: so ergiebt sich, daſs die schwebenden Theile des *Rhein*, welche den dem Thonschiefer so ähnlichen Absatz bilden, während dieser langen Periode sehr nahe dieselben geblieben sind. Sie zeigen nur darin einen wesentlichen Unterschied, daſs sie theils ganz frei von Carbonaten sind, theils mehr oder weniger davon enthalten, und daſs letztere nicht bloſs in den ältesten, sondern auch in den jüngsten Absätzen vorkommen.

---

*) Aus dem Verluste bestimmt.

Das Wasser der *Elbe* bei *Hamburg* (S. 1412) enthielt in 100000 Gewichttheilen

| | Schwebende Theile | Aufgelöste Theile | Summa |
|---|---|---|---|
| geschöpft am 1. Juni 1852 | 0,891 | 12,69 | 13,581 |

Diese geringe Menge schwebender Theile ist um so auffallender, da der Strom trübe war. Zur Analyse waren sie nicht hinreichend. Sie waren hellbraun und brausten mit Säuren nicht im mindesten.

Das Wasser der *Donau* bei *Wien* (S. 1411) enthielt in 100000 Th.

| | Schwebende Theile | Aufgelöste Theile | Summa |
|---|---|---|---|
| geschöpft am 5. Aug. 1852 | 9,237 | 14,14 | 23,377 |

Es war so klar, als es im Sommer sein kann; ganz klar wird es erst im October und November. Auffallend ist diese bedeutende Menge schwebender Theile zu einer Zeit, wo der Strom nur 2 Fufs über dem Nullpuncte des Pegels stand. Da ich 43 Pfund von diesem Wasser erhalten hatte: so konnte ich eine zur Analyse hinreichende Menge schwebender Bestandtheile sammeln. Es filtrirte ganz klar; um diese grofse Menge Wassers durch ein kleines Filtrum zu filtriren, waren aber vier Wochen Zeit erforderlich. I ist die Zusammensetzung des in Salzsäure löslichen Antheils der schwebenden Bestandtheile, II die des durch kohlensaures Kali aufgeschlossenen Antheils, III die Zusammensetzung des Ganzen, IV die des unlöslichen Antheils nach Abzug des Glühverlustes.

| | I | II | III | IV |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . . | 5,04 | 39,98 | 45,02 | 80,28 |
| Thonerde . . . . . | 2,42 | 5,41 | 7,83 | 10,87 |
| Eisenoxyd . . . . | 7,76 | 1,40 | 9,16 | 2,81 |
| Kalk . . . . . . . . | — | 0,34 | 0,34 | 0,68 |
| Magnesia . . . . . | — | 0,42 | 0,42 | 0,84 |
| Kohlens. Kalk . . . | 24,08 | — | 24,08 | — |
| „ „ Magnesia . . | 6,32 | — | 6,32 | — |
| Organ. Substanzen und wahrscheinlich Alkalien *) | — | 2,25 | 2,25 | 4,52 |
| Glühverlust . . . . . | 0,57 | 4,01 | 4,58 | — |
| | 46,19 | 53,81 | 100,00 | 100,00 |

Von den schwebenden Bestandtheilen des Rheinwassers (S.1577. I u. II) unterscheiden sich die der *Donau* darin, dafs letztere eine bedeutende Menge von Carbonaten enthielten, und dafs Salzsäure, ausser diesen Carbonaten, nur 21,87 Proc. Kieselsäure, Thonerde und Eisenoxyd, dagegen von ersteren 93,17 Proc. auflöste. Diese Verschiedenheit rührt wahrscheinlich davon her, dafs die schwebenden Bestandtheile des Rheinwassers gesammelt wurden, als es sehr angeschwollen und sehr trübe war, während die des Donauwassers zur Zeit seines normalen Zustandes erhalten wurden. Zur Regenzeit werden die Bäche und Flüsse durch die ausserordentlichen Zuflüsse, welche von der Erdoberfläche fortgeführt werden, getrübt. Es sind diejenigen feinen erdigen Theile, welche, schon seit längerer Zeit der Wirkung der Atmosphäre ausgesetzt, in ihrer Zersetzung mehr fortgeschritten sind, als diejenigen, welche die Bäche und Flüsse bei ihrem normalen Stande von den Gesteinen und Geschieben in ihrem Bette mechanisch losreifsen, und welche daher bei weitem weniger chemisch zersetzt sind, als jene. Es ist aber bekannt, dafs die abgeriebenen Theile der Gesteine von den Säuren um so

*) Die Quantität war zu gering zur directen Bestimmung der Alkalien. Die Gegenwart der organischen Substanzen zeigte auch die Schwärzung der bei der Analyse ausgeschiedenen Bestandtheile.

leichter aufgelöst werden, je mehr sie zersetzt sind. Ist mithin beim Regenwetter ein Flufs sehr trübe: so enthält er bei weitem mehr von den chemisch zersetzten, als von den nicht zersetzten schwebenden Theilen.

Die Vergleichung der Zusammensetzung von IV mit dem des Absatzes des *Rhein* im *Bodensee* (V) zeigt eine sehr nahe Uebereinstimmung, welche wahrscheinlich noch gröfser sein würde, wenn in den schwebenden Theilen des Donauwassers die Alkalien hätten direct bestimmt werden können. Da der *Rhein* alle schwebenden Theile, welche er aus den Alpen mit sich führt, in jenem See absetzt; dagegen nur sehr wenige von den Alpenflüssen, welche sich in die *Donau* ergiefsen, durch Seen fliefsen: so gelangen die schwebenden Theile, welche jene Flüsse den Alpen entziehen, in diesen Strom. Die Alpenflüsse sind es aber, welche der *Donau* bei weitem das meiste Wasser und mithin auch den gröfsten Theil der schwebenden Substanzen zuführen. Das was sich von denselben in der *Donau* bei *Wien* findet, stammt gröfstentheils aus den Alpen, und das was der *Rhein* im *Bodensee* absetzt, ausschliefslieh von denselben ab. Was der *Rhein* im *Bodensee* absetzt, und was die *Donau* bei *Wien* vorbeiführt, ist also fast für identisch zu nehmen.

Die Frage ist aber noch aufzuwerfen, ob die kohlensaure Kalkerde und die kohlensaure Magnesia der *Donau* bis in das *Schwarze* Meer kommen, oder ob diese auf dem langen Wege von *Wien* bis in dieses Meer vom Wasser noch aufgelöst werden. Das Wasser der *Donau* bei *Wien* enthält noch lange nicht so viel kohlensauren Kalk und kohlensaure Magnesia aufgelöst, als es davon aufzulösen vermag. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dafs während der langen Zeit, welche das Wasser braucht, um in das *Schwarze* Meer zu kommen, die schwebenden Theilchen beider Carbonate vollständig aufgelöst werden. Da aber die vielen Flüsse, welche die *Donau* in ihrem Laufe von *Wien* bis in das *Schwarze* Meer aufnimmt, gleichfalls diese Carbonate im schwebenden Zustande zuführen mögen: so ist es sehr wünschenswerth, dafs die schwebenden Bestandtheile dieses Stroms kurz vor seiner Mündung gesammelt und analysirt werden möchten, damit die in geologischer Hinsicht so wichtige Frage, ob

auch dieser Strom, wie der *Rhein*, die *Elbe* und die *Weichsel*, die kohlensaure Kalkerde blofs in Auflösung dem Meere zuführt, beantwortet werden kann.

Apotheker Ammon in *Culm*, der mit zuvorkommender Güte Weichselwasser für die chemische Analyse abgedampft hatte (S. 1517), war auch so gefällig, im März 1853 bei einer Wasserhöhe von 15 Fufs und während des Eisganges 200 Quart Wasser aus der *Weichsel* zu schöpfen, um die schwebenden Theile zu sammeln. Nach einigen Wochen hatte sich das Wasser ziemlich geklärt; es filtrirte aber äusserst langsam. Die mir übersandten schwebenden Theile waren bräunlich-grau. Das von meinem Schwager Joseph Ziegler am 1sten April geschöpfte Wasser, aus dem sich schon auf dem Transport die schwebenden Theile in braunen Flokken ausgeschieden hatten, filtrirte ziemlich schnell und klar. Es enthielten 100000 Th. Weichselwasser

| | Schwebende Theile | Aufgelöste Theile | Summa |
|---|---|---|---|
| geschöpft im März . . . . | 5,82 | 20,05 | 25,87 |
| „ „ „ April . . . . | 2,53 | 13,52 | 16,05 |

Die Menge der letzteren schwebenden Theile betrug für die chemische Analyse zu wenig; es wurden daher blofs die ersteren analysirt.

Sie brausten mit Säuren nicht im mindesten. Für die Bestimmung der beigemengten organischen Substanzen wurden sie in der Siedhitze des Wassers ausgetrocknet, und ein Theil davon mit kohlensaurem Kali aufgeschlossen, der andere erst mit Salzsäure digerirt, und dann mit Flufssäure zur Bestimmung der Alkalien behandelt. I ist die Zusammensetzung des in Salzsäure löslichen Antheils, II ist der durch Aufschliefsen erhaltene Antheil, III die Zusammensetzung des Ganzen, IV die Zusammensetzung nach Abzug der organischen Substanzen und des chemisch gebundenen Wassers.

| | I | II | III | IV |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . | 0,12 | 49,55 | 49,67 | 64,92 |
| Thonerde . . . . | 1,72 | 10,26 | 11,98 | 15,66 |
| Eisenoxyd . . . | 3,24 | 8,49 | 11,73 | 15,33 |
| Kalk . . . . . . | 0,47 | 0,41 | 0,88 | 1,15 |
| Magnesia . . . . | 0,25 | 0,02 | 0,27 | 0,35 |
| Kali . . . . . . | — | 1,29 | 1,29 | 1,69 |
| Natron . . . . . | — | 0,69 | 0,69 | 0,90 |
| Organ. Substanzen und Wasser . . . . | — | 23,21 | 23,21 | — |
| | 5,80 | 93,92 | 99,72 | 100,00 |

Das durch Salzsäure extrahirte Eisen war gröſstentheils Eisenoxydul, ohne Zweifel auch das, was durch Aufschlieſsen mit kohlensaurem Kali und Fluſssäure erhalten wurde. Gleichwohl ergiebt sich in III ein Verlust, der aber davon herrührt, daſs beim Glühen der schwebenden Theile die organischen Substanzen nicht gänzlich zerstört wurden; denn die Niederschläge waren geschwärzt und erst beim Glühen dieser wurden sie ganz zerstört. Wie im Wasser aufgelöst, so finden wir auch in den schwebenden Theilen der *Weichsel* eine ungewöhnliche Menge organischer Ueberreste, deren Ursprung nur dem oben (S. 1517) angeführten Umstande zuzuschreiben ist. Diesen ist auch die Gegenwart der bedeutenden Quantität von Eisenoxydul, dessen höhere Oxydadation sie verhindert haben, zuzuschreiben.

In IV zeigt sich wiederum die Zusammensetzung der eisenreichen Thonschiefer (II S. 1075). Die schwebenden Theile der *Weichsel* (IV) kommen in ihrer Zusammensetzung denen des *Rhein* (S. 1577. II) sehr nahe; beide unterscheiden sich aber darin, daſs in ersteren das Verhältniſs des in Salzsäure löslichen und unlöslichen Antheils gerade das umgekehrte von dem in den letzteren ist. Dieſs hindert aber nicht, daſs die schwebenden Theile beider Ströme Sedimente im Meere geben, aus denen sich nach ihrer Erhärtung Thonschiefer bilden kann. Es ist indeſs nicht unwahrscheinlich, daſs in dem aus den Sedimenten des *Rhein* entstehenden Thonschiefer eine gröſsere Menge der durch Salzsäure zersetz-

baren Silicate zurückbleiben wird, als in dem aus den Sedimenten der *Weichsel* entstehenden Thonschiefer, wenn auch während der Umwandlung in festes Gestein die zersetzbaren Silicate gewiſs gröſsten Theils in die unlösliche Modification übergehen.

Die vorstehenden Untersuchungen sind nur dürftige Anfänge; es ist aber sehr zu wünschen, daſs sie ausgedehnt werden auf die Analysen der schwebenden Theile und der mechanischen Absätze anderer Ströme. Erst wenn eine groſse Zahl solcher Analysen vorliegt, wird man sich Rechenschaft geben können von der Enstehung der sedimentären Formationen.

Girard *) hat eine Analyse des Nilschlamms bekannt gemacht; sie ist aber gewiſs unrichtig. Eine neuere Analyse desselben aus der Gegend von *Cairo* von Matthew W. Johnson **) verdient aber Vertrauen. Nach Abzug der Kalksalze, des Chlornatrium und der organischen Substanzen in No. I, erhält man die Zusammensetzung No. II.

| | I | II |
|---|---|---|
| Kieselsäure . . . . . . | 56,86 | 63,17 |
| Thonerde . . . . . . . | 12,12 | 13,47 |
| Eisenoxyd . . . . . . . | 13,19 | 14,65 |
| Kalkerde . . . . . . . | 3,15 | 3,50 |
| Magnesia . . . . . . . | 2,73 | 3,03 |
| Kali . . . . . . . . . | 1,26 | 1,40 |
| Natron . . . . . . . . | 0,70 | 0,78 |
| Kohlensaurer Kalk . . . | 3,12 | — |
| Schwefelsaurer Kalk . . | 1,29 | — |
| Chlornatrium . . . . . | 0,36 | — |
| Organische Substanzen . . | 5,53 | — |
| | 100,31 †) | 100,00 |

*) Observations sur la Vallée d'Egypte. P. 64.

**) Quaterly Journ. of the chem. Soc. V. IV. P. 143.

†) Vom Nilschlamm wurden durch Salzsäure nur 32,6 Proc. aufgelöst, und damit nur 0,76 Proc. Kieselsäure. Sollte dieses vom Rheinschlamm verschiedene Verhalten (S. 1577) davon her-

Die Zusammensetzung II hat in der That eine sehr grofse Aehnlichkeit mit der der schwebenden Theile des Rheinwassers (S. 1577. II). Auch im Nilschlamm überwiegt die Menge des Eisenoxyds die der Thonerde. Häuft er sich nach und nach in mächtigen Lagern an: so wird das Eisenoxyd in den, dem Einflusse der atmosphärischen Luft nicht ausgesetzten unteren Schichten durch die beträchtliche Menge der beigemengten organischen Substanzen zu Oxydul reducirt. Erheben sich diese nach und nach erhärtenden Lager über das Meer, dringen Meteorwasser mit ihrem Gehalte an atmosphärischer Kohlensäure durch das Gestein: so lösen sie das Eisenoxydul auf und setzen es theils als Carbonat, theils als Eisenoxydhydrat in entstandenen Spalten oder auch in Lagern ab. So begreift man, wie ein aus solchen Absätzen entstandener Thonschiefer nach und nach einen grofsen Theil seines Eisengehaltes verlieren, und sich der normalen Zusammensetzung dieses Gesteins nähern kann.

Nach den Untersuchungen von Ehrenberg *) enthält der Schlamm nachstehender Flüsse Infusorien.

| | In einer Secunde führen mit sich an festen Theilen | | Darin sind enthalten an Infusorien |
|---|---|---|---|
| der *Mississippi* bei *Memphis* | 147 Cub. F. | 2 bis 3 C. F. | 1,4 bis 2 Proc. |
| der *Nil* . . | 130,9 „ | „ 6 „ 13 „ | „ 4,6 „ 10 „ |
| der *Ganges* | 557 „ | „ 69 „ 139 „ | „ 12,4 „ 25 „ |

Im Schlamm des *Mississippi* fand er 44 Polygastrica, 37 Phytholithania und 2 Süfswasser-Polythalamien, in dem des *Nil* 160 Phytholitharien neben Glimmerblättchen.

Analysen von Absätzen aus Flüssen in Thälern, in denen die Cultur noch keine Veränderungen bewirkt hat, lassen sich den vorstehenden anreihen. J. C. Frémont **) theilte solche aus Thälern in den *Rocky Mountains* mit.

---

rühren, dafs dieser vor seinem Absatze aus dem Wasser analysirt wurde, während der Nilschlamm vielleicht seit vielen Jahren gelegen hatte, und dadurch die Silicate in die unlösliche Modification gröfsentheils übergegangen waren?

*) Berichte der Berliner Acad. 1851. p. 324.

**) Report of the exploring Expedition to the rocky mountains in the yaer 1842 etc. Washington 1845. P. 163, 178 and 179.

| | I | II | III |
|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . . . . | 68,55 | 72,30 | 70,81 |
| Thonerde . . . . . . . | 7,45 | 6,25 | 10,97 |
| Eisenoxyd . . . . . . . | 1,40 | 1,20 | 2,21 |
| Kalk und Magnesia . . | — | — | 1,38 |
| Kohlens. Kalk . . . . . | 8,51 | 6,86 | — |
| „ „ Magnesia . . . . | 5,09 | 4,62 | — |
| Phosphors. Kalk . . . . . | — | — | 1,01 |
| Organ. Substanzen . . . . | 4,74 | 4,50 | 8,16 |
| Wasser und Verlust . . | 4,26 | 4,27 | 5,46 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

I Absatz im Bette des Flusses nahe bei *Fort Hall* in der Nachbarschaft der Vereinigung des *Portneuf*-Flusses mit *Lewis's Fork* des *Columbia*-Flusses.

II Absatz im *Powder*-Fluſs.

III Boden des *Grand Rond.*

Nach Abzug der Carbonate, Phosphate, der organischen Materie und des Wassers bleiben.

| | I | II | III |
|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . . . . . | 88,56 | 90,66 | 82,94 |
| Thonerde . . . . . . . . | 9,63 | 7,84 | 12,85 |
| Eisenoxyd . . . . . . . . | 1,81 | 1,50 | 2,59 |
| Kalk und Magnesia . . . | — | — | 1,62 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Diese Zusammensetzungen nähern sich der des Rheinabsatzes im *Bodensee* (S. 1577 IV), und da in den Absätzen I und II Carbonate vorkommen, so kann gedacht werden, daſs dieselben oder ähnliche Gebirgsarten, von welchen jener Rheinabsatz herrührte (S. 1580), auch den Absätzen der Flüsse in den *Rocky Mountains* Ursprung gaben. Auf Alkalien scheint in den letzteren nicht geprüft worden zu sein; der Verlust bei den Analysen zeigt aber, daſs sie gewiſs vorhanden waren. So wie der *Rhein* oberhalb des *Bodensee*, so mögen auch der *Nil* und die Flüsse in den *Rocky Mountains* Carbonate im schwebenden Zustande mit sich führen. Aus-

ser Acht darf man indefs nicht lassen, dafs der kohlensaure Kalk in Absätzen der Flüsse, möglicher Weise auch von Schalen von Infusorien herrühren könne, in welchem Falle der im Wasser gelöste kohlensaure Kalk das Material geliefert haben würde. Mikroskopische Untersuchungen solcher Absätze müssen hierüber entscheiden.

Die schwarze Erde oder das Tschornasems in Central- und Süd-*Rufsland* scheint, nach Murchison u. s. w. *) ein Absatz aus Gewässern zu sein. Wegen ihrer Ausdehnung und Gleichförmigkeit in Farbe und Zusammensetzung ist sie ohne ihres Gleichen in *Europa*. Sie findet sich in allen Höhen im *Europäischen Rufsland*, bisweilen auf dem Hochlande, wie am rechten Ufer der *Wolga*, hoch über den anstofsenden Ebenen, in verschiedenen Meridianen von $56\frac{1}{2}^{0}$ N. B. bis zu dem Hochlande, welches sich bis nach *Sartof* fortzieht, und in Höhen nicht weniger als 400 Fufs über den Thälern. Die Zusammensetzung dieser Erde ist nach

| | R. Phillips**) | Payen***) | Hermann †) |
|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . . . . | 74,57 | 77,93 | 82,05 |
| Thonerde . . . . . . . | 14,42 | 12,41 | 10,49 |
| Eisenoxyd . . . . . . | 7,48 | 6,12 | 6,44 |
| Kalk . . . . . . . . | 1,71 | 0,89 | 1,02 |
| Magnesia . . . . . . . | — | 1,33 | — |
| Spuren von Huminsäure, Schwefelsäure, Chlor u. s. w. . . . . . . . | 1,82 | — | — |
| Alkalische Chlorüre . . . | — | 1,32 | — |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Diese Erde unterscheidet sich vom Löfs, dafs sie keine

*) The Geology of Russia 1845. V. I. p. 557.

**) Nach Abzug von 6,4 Proc. organischer Substanzen.

***) Nach Abzug von 6,95 Proc. organischer Substanzen.

†) Nach Abzug von 10,42 Proc. organischer Substanzen und 4,08 Proc. Wasser. Zwei andere von Hermann analysirte Proben hatten nahe dieselbe Zusammensetzung. Journ. für pract. Chemie Bd. XII. S. 290.

Carbonate und keine Fluſs-Ueberreste enthält, während letzterer mit vollkommen erhaltenen Land- und Süſswasser-Muscheln erfüllt ist. Zieht man vom Löſs (S. 1583 II) die Carbonate ab, so erhält man eine Zusammensetzung, welche sehr nahe der des Tschornasems nach den beiden ersten Analysen kommt *). Murchison hält es für höchst wahrscheinlich, daſs diese Erde bis zu einer gewissen Verbreitung von der Zersetzung des schwarzen Jura-Schiefers, der sich in seiner Farbe so gleichförmig über Nord- und Central-*Ruſsland* ausdehnt, herrühre, und daſs er nicht in der dermaligen geologischen Periode gebildet worden sei.

J. Gardner Wilkinson **) untersuchte die Veränderungen, welche das Alluvium des *Nil* auf dem Lande und in seinem Bette hervorbringt. K. G. Zimmermann machte interessante Beobachtungen über die Absätze der *Elbe* in der Insel *Grasbrook* bei *Hamburg* in historischen Zeiten ***).

---

*) Nach den Analysen der schwarzen Erde aus Süd-*Ruſsland* von E. Schmidt (Journ. für pract. Chemie IXL. S. 129) kommt ihre Zusammensetzung am meisten mit der des Thonschiefers überein.

**) Edinb. n. philos. Journ. V. XXVIII. P. 212. Das Bett dieses Stroms und das Land von *Aegypten* erheben sich allmälig, aber ungleich, je nach verschiedenen Umständen, und stets weniger, je mehr sich der Strom dem Meere nähert. Die Zunahme dieser perpendiculären Erhebung ist viel geringer in *Unter-* als in *Ober-Aegypten* und im Delta ist sie noch geringer, so daſs, nach einer approximativen Schätzung, das Land bei *Elephantine*, oder beim ersten *Nil-Cataract* (24° 5′ Breite) in 1700 Jahren um 9 Fuſs gesiegen ist, zu *Thebes* (25° 43′ Br.) ungefähr 7 F., und zu *Heliopolis* und *Cairo* (30° Br.) ungefähr 5 F., 10 Z. Zu *Rosetta* und an der Mündung des *Nil* (31° 30′ Br.) beträgt die Abnahme der Dicke des Absatzes viel weniger als in dem verengten Thale von *Central-* und *Ober-Aegypten*, welches von der gröſseren Ausbreitung der Ueberschwemmungen herrührt. Dort ist die Erhebung des Landes seit 1700 Jahren unmerklich.

***) Neues Jahrbuch für Mineralogie u. s. w. 1852. S. 193. In dieser Insel fand er drei Muschellager von ½ bis 1½ F. Mächtigkeit, die durch 8 Z. dicke Zwischenlager von Marsch-Kley getrennt sind. Die oberste Schicht enthält nur Fluſsmuscheln gemengt mit Trümmern von Mauersteinen und Töpfergeschirr. Die

Ueber die Gruppirung der Schichten in Deltas bemerkt Lyell *), dafs, wenn ein See an zwei Seiten von hohen

zweite Schicht enthält nur wenige Bruchstücke von Backsteinen; aber unter den dicht auf einander liegenden Flufsmuscheln schon viele Brackmuscheln. Unter dieser Muschelbank liegt eine Schicht Marsch-Kley und darunter eine 1 F. dicke Schicht von zertrümmertem Eichen- und Fichtenholz, welche das unterste bis jetzt aufgeschlossene Muschellager bedeckt. Dieses besteht zwar gröfstentheils wieder aus Flufsmuscheln; jedoch sind darin häufig Seemuscheln, aber doch nur so, wie sie zufällig durch Fluthen auf die Bank der Flufsmuscheln gespühlt sein können. Hieraus schliefst er, dafs vor dem Absatze der obern Bänke das Meer der Insel noch so nahe war, dafs Seemuscheln hinaufgespült werden konnten, während jetzt die höchsten Sturmfluthen keine Seemuscheln mehr herauführen, dafs sich die *Elbe* einst zwischen *Hamburg* und *Harburg* in einen Busen der *Nordsee* mündete, und dafs die vielen *Elbe*-Inseln einst Sandbänke von einer Delta-Bildung herrührend waren. Damals mufsten aber schon menschliche Wohnungen in der Nähe des Ufers vorhanden gewesen sein, wie die Trümmer von Mauersteinen darthun. Da die oberste Muschelschicht fast 12 F. über dem jetzigen Niveau der Elbe liegt: so ist Zimmermann der Meinung, dafs dasselbe während der historischen Zeit um mehr als 12 F. gefallen sei.

Gegen diese Folgerung ist zu erinnern, dafs die Flüsse in den oberen Theilen ihres Laufes ihr Bett austiefen, und um so mehr, je gröfser ihr Gefälle ist, dafs aber in der Nähe ihrer Mündung in das Meer und so weit herauf, als sie durch flaches Land fliefsen, das Umgekehrte erfolgt, dafs sie das was sie dort fortgenommen haben, hier zum Theil wieder absetzen. Wenn sich in früheren Zeiten die *Elbe* zwischen *Hamburg* und *Harburg* in einen Meerbusen gemündet hatte: so war damals an dieser Stelle ihr Niveau um so viel niedriger, als ihr dermaliges Gefälle bis zur *Nordsee* beträgt. Lassen wir dieses jeden Falls nur geringe Gefälle unbeachtet: so wird zur Zeit der gewöhnlichen Fluth das Wasser des damaligen Meerbusens 12 Fufs gestiegen sein; denn so viel steigt die Fluth der *Nordsee* noch jetzt vor dem Ausflusse der *Elbe*. Zur Zeit der Sturmfluthen steigt es aber noch viel höher. Hieraus erklärt sich einfach der Absatz jener Sandbänke, welche dermalen fast 12 Fufs über dem jetzigen Niveau der *Elbe* liegen.

*) A. a. O. S. 270.

Gebirgen umgeben ist, wovon er viele Zuflüsse von verschiedener Gröfse erhält, und seine Abflüsse ihren Weg durch verhältnifsmäfsig niederes Land nehmen, die gebildeten Schichten in zwei Hauptgruppen zu sondern sind. Die älteren bilden diejenigen Absätze, welche von den angrenzenden Gebirgen herrühren, und sie bestehen meist aus gröberen Geschieben und Sand, deren Schichten stark geneigt sind. Sie wechseln mit Schichten von feineren Massen. Die neueren Gruppen, mehr in der Mitte des Bassins und am weitesten von den Gebirgen entfernt, bestehen aus den durch die schwebenden Theile gebildeten horizontalen oder nur sehr wenig geneigten Schichten *). Die Absätze in den Seen erleiden übrigens durch periodische Regen, durch das Schmelzen des Schnee's und durch heftige Stürme Veränderungen in ihrer Lagerung **). Noch mehr ist diefs der Fall bei den Deltas im Meer.

---

*) Ebenso fand Simony (a. a. O. S. 14) die gröberen Gerölle in den Seen des Salzkammergutes in stark geneigten Schichten, während der feinere Sand am Fufse des sich immer mehr verflächenden Schuttkegels minder geneigte Schichten bildet.

**) Ueber sedimentäre Bildungen in Alpen-Seen sind in neuerer Zeit interessante Untersuchungen angestellt worden. Terrain erratique alluvien du Bassin du Léman, et de la vallé du Rhone de Lyon à la Mer par R. Blanchet. Lausanne 1844. Notice sur la Carte du fond des Lacs de Neuchatel et Morat par A. Guyot. Neuchatel 1846. On the accession of new land at the mouth of the Rhone at the upper end of the Lake of Geneva, since the historical era (Lyell a. a. O. P. 253). Am Einflusse des *Rhein* in den *Bodensee* sieht man deutlich, wie dieser Strom innerhalb des von ihm gebildeten Delta's seinen Lauf verändert hat. Dieser See zog sich ehemals in das Rheinthal bis über *Altstetten* hin (Walchner's Geognosie 2te Aufl. S. 776). Das ganze Land an diesem See ist bis auf eine Entfernung von mehreren Stunden vom See-Ufer mit grofsen Massen von Alpen-Geröllen bedeckt. Dieselben finden sich noch in Höhen von 1465 F. über dem See, und zwar auf der *Deutschen* Seite, woraus sich ergiebt, dafs sie zu einer Zeit hingeführt worden sein müssen, wo der *Bodensee* noch nicht existirt hatte. Frommherz in neuem Jahrbuche für Mineralogie u. s. w. 1850 S. 641.

Donati welcher den Boden im Meerbusen von *Triest* und im *Adriatischen* Meer, *Venedig* gegenüber, untersuchte, fand, dafs die neueren Absätze theils aus Schlamm, theils aus Kalk, der Muscheln incrustirt hatte, bestand. Besondere Species von Muscheln waren an gewissen Stellen zusammen gruppirt und mit schlammigen und kalkigen Sedimenten etwas cementirt.

Ch. H. Davis zeigte in einer vortrefflichen Abhandlung *), dafs die Unebenheiten des Meeresgrundes den Absatz der schwebenden Theile in grofsen Mengen an einzelnen Stellen veranlassen, indem da, wo sie die Strömungen unterbrechen, Strudel entstehen, welche die Absätze besonders begünstigen, während da wo Strömungen sind, die Absätze theilweise fortgeführt werden. Diese Unebenheiten brauchen nicht sehr grofs zu sein. Geringe Hindernisse an der Oeff-

---

Im *Hallstätter*-See, im Salzkammergut, hat sich das Delta der *Traun* seit 70 Jahren um 240 Fufs verlängert, obgleich er 1200 Fufs von der Mündung dieses Flusses eine Tiefe von 282 F. hat. Der vom *Hallstätter*-Salzberg steil in den See stürzende *Mühlbach* hat nach einem Wolkenbruch im J. 1846 sein Schuttdelta um 3 F. vorgeschoben, obgleich der See 600 F. von der Mündung 234 F. tief ist. Auch im *Gmundner*-See rückt das *Traun*-Delta merklich vor.

Vorspringende Landzungen, unter dem Wasser fortlaufende Rücken und Schuttdeltas theilen die Seen in grösserer oder geringerer Tiefe in zwei oder mehreren Becken. So wird der durchschnittlich 7200 F. breite *Atter*-See am *Kienbach* bis auf 3930 F. verengt; seine gröfste Tiefe beträgt hier blofs 396 F., während sie oberhalb dieser Verengung 540 F., unterhalb derselben 522 F. erreicht. Zwischen den beiden Becken liegt also ein Querrücken. Den *Wolfgang*-See hat das grofse Schuttdelta des *Zinkenbaches* von 6000 F. bis auf 960 F. verengt und hätte man diesen Bach nicht nach dem breiteren und tieferen Theil des Sees hingeleitet: so möchte seine vollständige Trennung in zwei Seen in nicht sehr langer Zeit erfolgen. In der Verengung ist der See nur 66 F., dagegen ausserhalb derselben 222 und 360 F. tief. Simony a. a. O.

*) Upon the geological action of the tidal and other currents of the ocean. From the Memoirs of the American Academy of arts and sciences, new Series V. IV.

nung der Häfen, oder in Flüssen dienen als Kern für die Absätze. Wird eine Strömung durch eine Landzunge oder durch hervorstehende Küsten unterbrochen: so setzen sich hier die schwebenden Theile theilweise ab, indem diese Stellen als Kern für eine mit dem Lande zusammenhängende Sandbank auf gleiche Weise, wie die Unebenheiten des Meeresbodens für Sandbänke mitten im Meere dienen *). Die hierauf folgende allmälige Erhebung der Sandbänke über das Meer ist dem Einflusse der Winde zuzuschreiben.

Die normalen Strömungen des Ocean mögen dieselben Wirkungen hervorbringen, wie die periodischen der Ebbe und Fluth. Die constante Strömung in das *Mittelländische* Meer dient als ein schlagendes Beispiel. An dem Felsen von *Gibraltar* theilt sie sich in zwei Arme, wovon der erste in die Bucht von *Gibraltar* dringt, während der andere ostwärts von dem Felsen geht. Die Wirkung dieser beiden in Conflict kommenden Strömungen hat das lange und schmale Sandriff, bekannt unter dem Namen „neutraler Boden", welcher die Festung mit der spanischen Halbinsel verbindet, aufgebaut. Die beträchtliche Bank ostwärts von diesem Riff ist ein Beispiel eines Bay-Absatzes.

Die periodischen Strömungen und Delta-Absätze sind unvereinbar; wo solche oder auch normale Strömungen stattfinden, kann kein Delta entstehen **). An den Mündungen aller durch ihre Delta's ausgezeichneten Flüsse, wie an denen des *Mississippi*, *Nil*, *Po*, *Orinoco* und der *Rhone*, ist nur eine schwache oder gar keine periodische Strömung. Andere Flüsse hingegen, an deren Mündungen solche Strömungen sich auf eine merkliche oder entschiedene Weise zeigen, haben, wenn sie auch reich an schwebenden Theilen und grofs in ihren Dimensionen sind, keine Delta-Absätze: so der *Can-*

*) Diese Art der Anhäufung der schwebenden Theile ist den Wasserbaumeistern schon längst bekannt. In der *Aar* und *Rhone* werden Mauern für den Zweck aufgeführt, neues Land durch Bildung von Wirbeln zu gewinnen; es entstehen dadurch bedeutende Absätze an diesen Stellen.

**) Dieses Verhältnifs wurde schon von de la Beche in seinem „Geological Manual" aus einander gesetzt.

*ton*, *Guayaquil*, *Amazonenstrom*, *Paraguay*, die Ströme an der östlichen Küste von *Nordamerica*, nördlich von *Florida*, und an der westlichen von *Europa* *).

Die periodische Strömung während der Fluth bewirkt die Absätze in der Richtung ihres Fortrückens an den Küsten; durch die rückgängige Strömung der Ebbe gelangen die schwebenden Theile in das offene Meer. Jene liefern das Material für die Alluvial-Absätze über dem Wasser, diese für die Absätze in der Tiefe des Meeres.

In Beziehung auf die Sandabsätze bieten die Küsten *America's* viele Beispiele dar. Davis zeigt, daſs das Zusammentreffen entgegengesetzter Ströme der günstigste Umstand für die Bildung ausgedehnter Absätze ist. An den Küsten *Europa's* finden sich Sandabsätze von bedeutender Ausdehnung. *Holland* ist in vielen Beziehungen die interressanteste unter allen ähnlichen Formationen. Der enge Kanal zwischen dem Continent und *England* bringt reiſsende Strömungen hervor und verhindert Absätze in ihm, mit Ausnahme der engen Buchten, wo stilles Wasser ist oder seine Gewalt durch Wirbel gebrochen wird. Wo sich aber das Meer, nachdem es den Kanal passirt hat, ausbreitet, sind die Bedingungen zu Absätzen gegeben, besonders da, wo es, wie in den Räumen, welche jetzt die *Niederlande* und die Halbinsel *Jütland* einnehmen, vor der Anschwemmung dieser Länder der Fall war, die Form einer Bucht annimmt. Die Convergenz der periodischen Strömungen in der *Nordsee* und im Kanal gewährt ein sehr anschauliches Bild von diesen Verhältnissen. Whewell bemühte sich in seinen schätzenswerthen „Researches on the Tides“ durch Verknüpfung aller Thatsachen dieses Meer in zwei rotatorische Systeme der Wellen der Ebbe und Fluth zu bringen, wovon das Eine den Raum von *Norfolk* und *Hallard* bis *Norwegen*, das Andere den Raum zwischen den *Niederlanden* und *England* umfaſst. An der Küste von *Jütland* verschwinden die Strömungen,

*) Daſs indeſs manche Ströme, welche der Ebbe und Fluth ausgesetzt sind, unter gewissen Umständen doch Delta's bilden, werden wir weiter unten (S. 1604) sehen.

und er sucht diefs aus den Bewegungen des ersteren Systems zu erklären.

In dieser ganzen Region correspondirt die Höhe der periodischen Fluthwellen mit der Form des Landes und mit der Ausdehnung der Meeresabsätze. Die gröfste Höhe der ersteren zwischen *Brest* und *Dünkirchen* variirt zwischen 30 und 16 Fufs; indem sie aber den engen Weg im *Englischen* Kanal zurücklegen und sich längs der Küste der *Niederlande* fortziehen, sinkt ihre Höhe bis auf 9, 6 und 3 Fufs herab, und wird endlich an der nördlichen Küste von *Jütland* ganz Null. Hier treffen nämlich die von Norden herkommenden und die vom *Englischen* Kanal ausgehenden Fluthwellen zusammen, wodurch die letzteren, an die östlichen Küsten gedrängt, in ihren Fortschritten aufgehalten und endlich zurückgedrängt werden. In diesen rotatorischen Systemen oder Wirbeln der periodischen Strömungen von grofser Ausdehnung, in der Buchtform der Küste, und in der allmälig abnehmenden Höhe der Fluthwellen, womit sich auch ihre Stärke vermindert, haben wir eine Combination der günstigsten Verhältnisse für alluviale und untermeerische Absätze.

Bisher, sagt Davis, wurde die Ebbe und Fluth hauptsächlich als ein astronomisches Problem betrachtet; sind aber die obigen Ansichten richtig, und wir können an ihrer Richtigkeit nicht zweifeln: so werden diese periodischen Strömungen auch sehr bedeutungsvoll für die Geologie und haben gewifs ihren Einflufs auf die sedimentären Bildungen in allen Perioden geäufsert. Die Wirkung der Ebbe und Fluth oder der Einflufs des Mondes auf die Erdoberfläche in dieser Weise ist eine neue Anwendung des Gravitations-Gesetzes.

Fassen wir den Unterschied zwischen den Absätzen der Flüsse in Meeren, die keine Ebbe und Fluth, und denen in Meeren, welche sie haben, näher ins Auge *). Die schwebenden Theile der Flüsse, welche Delta's bilden, werden in denselben abgesetzt, und concentriren sich daher auf einen

---

*) Dieser Gegenstand wurde von de la Beche (dessen Vorschule der Geologie frei bearbeitet von Dieffenbach 1852 S. 63—107) sehr gründlich und ausführlich auf den Grund sei-

verhältnifsmäfsig kleinen Raum; die schwebenden Theile der, keine Delta's bildenden Flüsse verbreiten sich hingegen so weit in das Meer hinein, als die Strömungen der Ebbe und Fluth reichen; sie werden gewissermafsen ein Gemeingut des ganzen Ocean.

Die Delta's sind sedimentäre Bildungen in Meerbusen: so das des *Mississippi* im Meerbusen von *Mexico*, das des *Ganges* und des *Burrampooter* in dem Meerbusen von *Bengalen*, und die der Flüsse, welche sich in das *Mittelländische* Meer ergiefsen; denn dieses ganze Meer ist nichts anderes als ein grofser Meerbusen. Im Allgemeinen sind diese Absätze mit denen in den Seen zu vergleichen; nur dafs die schwebenden Theile im specif. leichterem süfsen Wasser der letzeteren schneller niedersinken, als im specif. schwereren des Meeres. Je weiter durch die Delta-Bildungen die Mündungen der Flüsse vorrücken, desto weiter werden ihre schwebenden Theile in das Meer geführt. Durch die Brandung werden die feineren Theile der früheren Absätze der Flüsse weggespült und in gröfseren Entfernungen vom Lande wieder abgesetzt. Was daher an gröberen und feineren Theilen in den Delta's noch ungesondert geblieben ist, kommt auf diese Weise zur völligen Sonderung. Es ist übrigens klar, dafs zur Zeit, wo die Flüsse hohes Wasser haben, und weit in das Meer hinein treiben, gröbere Theile auf frühere in den Delta's gebildeten Lagen von feinerem Korn abgesetzt werden, wodurch ein Wechsel zwischen Thon- und Sandschichten entsteht.

Der *Mississippi* hat zwischen *Neu-Orlans* und dem Meere nur ein Gefälle von $1\frac{1}{2}$ Zoll auf die englische Meile, und ist sein Wasser niedrig: so ist es für diese ungefähr 100 engl. Meilen betragende Entfernung kaum merklich. Dieser Strom kann daher jetzt nur noch die feinsten schwebenden Theile in das Meer führen und nur Thonabsätze bilden. Nach Lyell's Schätzungen hat das Delta des *Mississippi* eine Mächtig-

---

ner und anderer Geognosten Beobachtungen bearbeitet. Wir bedauern nur, mit mehreren seiner Ansichten, so weit sie sich auf chemische Verhältnisse beziehen, nicht übereinstimmen zu können.

keit von 528 Fufs und nimmt einen Flächenraum von 13600 Quadratmeilen (statute miles) ein *).

Die Spitze des Delta des *Ganges* und des *Burrampooter* oder *Brahmapootra* ist in gerader Linie 220 engl. Meilen von der See entfernt, und seine Basis, die beiden Arme des Stroms mit eingeschlossen, ist 200 Meilen lang. Zur Zeit des niedrigen Wasserstandes erstreckt sich die Ebbe und Fluth bis an die Spitze des Delta; sind aber die Ströme während der tropischen Regen angeschwollen: so wirkt ihre Geschwindigkeit der Ebbe und Fluth entgegen und nur nahe an ihren Mündungen ist dieselbe bemerkbar **). Diese beiden Ströme, welche einen so langen Weg in ihrem Delta mit geringem Gefälle zurücklegen, können gröbere Geschiebe nicht fortwälzen; sie führen daher dem Meere nur die feinsten Theile zu. In der Richtung der verschiedenen Arme beider Ströme, so weit sie durch ihr Delta fliefsen, finden die mannichfaltigsten Veränderungen statt. Nach Rennel's Beobachtungen während seines elfjährigen Aufenthalts in *Indien* hatte sich der Ausflufs des *Jellinghy* $\frac{1}{4}$ Stunde weit vorgeschoben.

Vom Delta des *Po* liegen durch die Untersuchungen von Prony Data über seine Verlängerung seit dem zwölften Jahrhundert vor. Von 1200 bis 1600 betrug sie durchschnittlich im Jahr 75 Fufs, seit den letzten 200 Jahren aber 210 Fufs ***).

Der *Niger* zeigt wie der *Ganges* eine Delta-Bildung unter dem Einflusse der Ebbe und Fluth. Bei diesen wie bei vielen anderen tropischen Strömen tragen hierzu Mangrove-Bäume wesentlich bei. Wo ihnen Schutz gewährt ist, wachsen sie in grofser Menge; in ihren stelzenartigen Wurzeln verwicklen sich alle schwimmenden Substanzen und bilden einen Ruhepunct für den Absatz der feinsten schwebenden Theile †).

---

*) A. a. O. S. 218.

**) Account of the Ganges and Burrampooter by Rennel. Phil. Trans. 1781. Lyell a. a. O. P. 263.

***) Cuvier sur les Révol. du Globe.

†) De la Beche a. a. O. S. 84.

Sind die periodischen Strömungen der Ebbe und Fluth in dem Grade prädominirend, dafs die Flüsse, selbst wenn sie hoch gehen, dem Meerwasser keinen Widerstand leisten können: so bilden sich die sogenanten negativen Delta's (estuary). Das Land erweitert sich nämlich nicht nur nicht, sondern das Meer steigt während der Fluth im Flufsbette hinauf, überschwemmt die Küsten, spült Absätze und Land weg und führt beides bei eintretender Ebbe mit den schwebenden Theilen der Flüsse fort.

Grofse Flüsse führen, wenn sie voll und trübe sind, ihre schwebenden Theile weit in das Meer hinein. So fand Sabine 50 Meilen von der Mündung des *Amazonenstromes* noch trübes Wasser.

Wie weit in das Meer hinein schwebende Theile durch die Winde getrieben werden können, zeigt sich im *Lake Superior* (S. 1570). Flächen des Meeresbodens, so grofs wie ganz *England*, konnten daher blofs durch dieses Bewegungsmittel mit mechanischen Absätzen von gleicher oder nahe gleicher Art bedeckt und mithin sedimentäre Formationen von solchem Umfange gebildet werden. Im Ocean haben wir aber in den periodischen Strömungen der Ebbe und Fluth ein noch viel mächtigeres Mittel zur Diffusion der schwebenden Theile. Die zur Zeit der Fluth in den Flüssen zurückgehaltenen oder gar zurückgetriebenen schwebenden Theile werden während der Ebbe, welche gleichsam eine Verlängerung des Laufes der Flüsse weit in das Meer hinein veranlafst, fortgeführt und in den gröfsten Tiefen abgesetzt. Was die *Seine* und andere *Französische* Flüsse, die sich in den *Englischen* Kanal münden, im schwebenden Zustande mit sich führen, wird vielleicht erst an den Küsten *Jütlands* abgesetzt.

Von da an, wo die Höhe der periodischen Fluthwellen bis auf ein Minimum herabsinkt, bis dahin, wo sie bis zum Maximum steigt, können wir uns einen allmäligen Uebergang von mechanischen bis zu den durch organische Thätigkeit gebildeten Absätzen denken; denn sind wir auch mit den Bedingungen, unter welchen die Kalk-absondernden Meeresthiere ihre Werke aufführen, noch wenig vertraut, so zeigt doch der Umstand, dafs der kohlensaure Kalk als wesentli-

cher Gemengtheil in mechanischen Absätzen selten auftritt, dafs da, wo die günstigsten Verhältnisse für letztere herrschten, die ungünstigsten für erstere waren. Auf der anderen Seite gedeihen die Korallen am besten im offenen, stets bewegten Wasser (Bd. I. S. 957), wo die Bedingungen zu mechanischen Absätzen die ungünstigsten sind.

Die Tiefe, bis zu welcher feine Absätze wieder aufgerührt werden, reicht während heftiger Stürme gewöhnlich bis zu etwa 60 Fufs. Auf der Bank von *Neufundland* soll die Wirkung der Meereswellen bis zu 500 *) und bei *St. Giles* sogar bis zu 578 F. Tiefe gehen **). Absätze, welche selbst in solchen Tiefen während stillen Meeres entstanden sind, werden daher wieder fortgeführt und kommen an anderen Stellen abermals auf den Meeresboden.

Es sind nicht blofs die Flüsse, welche dem Meere Material für sedimentäre Bildungen zuführen, sondern es ist auch die mächtig zerstörende Gewalt der fast nie ruhenden Brandung, welche die Meeresküsten abnagt, und dadurch dieses Material bedeutend vermehrt.

Je mächtiger die sedimentären Formationen und von je gröfserer zusammenhängender Verbreitung über grofse Theile der Continente sie sind, desto weniger können wir sie von Delta-Bildungen ableiten, und desto mehr müssen wir vermuthen, dafs sie durch die periodischen und normalen Strömungen im Meere entstanden sind. Dürfen wir unsere Analysen der schwebenden Theile der Flüsse als maafsgebend betrachten: so können sie, mögen sie von diesen oder von jenen Flüssen zugeführt worden sein, keine wesentlichen Verschiedenheiten in den aus ihnen entstandenen Absätzen begründen; denn ihre Zusammensetzung entspricht stets den verschiedenen Varietäten des Thonschiefers und der Grauwacke, welche, und namentlich der erste, nur den feinsten Theilen ihre Entstehung verdanken. Was aber von den schwebenden Theilen gilt, welche die Flüsse mit sich führen, hat auch Bezug auf die von der Brandung des Meeres abgenagten und in demselben schwebenden Theile.

*) Emy sur les travaux hydrauliques maritimes.

**) Siau in Poggend. Ann. Bd. LVII. S. 598.

Vergleichen wir die Menge der schwebenden Theile in den Flüssen mit der der darin aufgelösten kohlensauren Kalkerde, welche das Hauptmaterial für die durch organische Thätigkeit entstehenden Absätze liefert.

In nachstehenden Flüssen ist das Verhältnifs zwischen

| | schwebenden Theilen | und kohlensaurem Kalk |
|---|---|---|
| *Rhein* vom 24. März 1851 | 1 | 0,15 |
| „ „ 27. „ 1852 | 1 | 9,8 |
| *Elbe* „ 1. Juni 1852 | 1 | 7,8 |
| *Donau* „ 5. Aug. 1852 | 1 | 0,9 |

Addirt man aber zum kohlensauren Kalk denjenigen, welchen die schwebenden Theile enthalten, und subtrahirt man ihn von letzteren, so ist das Verhältnifs

| | | |
|---|---|---|
| in der *Donau* | 1 | 1,5 |
| *Weichsel* vom 4. März 1853 | 1 | 2,0 |
| *Themse* in 4 Analysen | 1 | 5,5 bis 1557 |
| *Möll* . . . . . | 1 | 4,4 |
| *Oetz* . . . . . . | 1 | 0,5 |

Berücksichtigt man blofs die unmittelbar in das Meer fliefsenden Ströme: so sinkt nur im Rheinwasser vom März 1851, wo der Strom ungewöhnlich angeschwollen und trüb war, der kohlensaure Kalk weit unter den Betrag der schwebenden Theile; in dem vom März 1852 steigt er hingegen noch mehr über diesen Betrag. In der *Themse* ist die Menge der kohlensauren Kalkerde stets viel gröfser als die der schwebenden Theile; sie steigt bis zu einem solchen Verhältnisse, dass die letzteren dagegen ganz verschwinden. Da das Stromgebiet der *Themse* grofsentheils im Kreidegebirge liegt: so werden ihre vorzugsweise aus kohlensaurem Kalk bestehenden schwebenden Theile ohne Zweifel gröfstentheils aufgelöst *).

Da hohes und sehr trübes Wasser in den Flüssen der

*) Die Analyse dieser schwebenden Theile ist sehr wünschenswerth.

gemäfsigten Zonen in der Regel nur kurze Zeit anhält: so ist in ihnen der mittlere jährliche Gehalt der kohlensauren Kalkerde gewifs stets viel gröfser, als der der schwebenden Theile. In den Flüssen der heifsen Zone, welche während der ganzen Dauer der Regenzeit hohes und trübes Wasser mit sich führen, wird jeden Falls die Menge der schwebenden Theile im Verhältnisse zum kohlensauren Kalk sehr steigen. Im *Ganges* mag vielleicht während der vier Regenmonate (S. 1509) dieses Verhältnifs dem im *Rhein* vom März 1851 nahe kommen; jedoch mag, da sein Wasserstand während der übrigen acht Monate niedrig ist, der mittlere Gehalt an kohlensaurem Kalk doch den der schwebenden Theile übertreffen. In den Flüssen der kalten Zone wird das Wasser wohl während des gröfsten Theils des Jahres eben so wenig schwebende Theile mit sich führen, als unsere Flüsse zur Winterzeit. In ihnen wird daher die Menge der kohlensauren Kalkerde durchschnittlich die der schwebenden Theile um ein Vielfaches übersteigen.

Wenn der kohlensaure Kalk derjenigen Flüsse, in denen er durchschnittlich bei weitem mehr als die schwebenden Theile beträgt, an denselben Stellen im Meere zum Absatze käme: so würden bei weitem mehr Kalksteine als Thonschiefer gebildet werden. So kann es aber nicht sein. Abstrahirt man von dem kohlensauren Kalk, welchen das Meerwasser von den Gesteinen der Meeresküsten aufnimmt: so sind es vorzugsweise die Flüsse, die ihm dieses Carbonat zuführen, und womit der ganze Ocean versorgt wird. Durch die Strömungen im Meere wird der kohlensaure Kalk der Flüsse bis zu den entferntesten Puncten fortgeführt. Ihre schwebenden Theile können aber bis zu solchen Entfernungen nicht gelangen. Diese kommen in der Nähe der Küsten, wenn auch immerhin weit in das Meer hinein, zum Absatze. Wo und in welchen Tiefen des Meeres noch Muschelthiere und Pflanzen existiren, welche kohlensauren Kalk aus dem Meere abscheiden, da bilden sich Kalksedimente. Werden diese Muschelthiere in mechanischen Sedimenten begraben: so werden diese kalkhaltig. Dafs aber der kohlensaure Kalk der Schalen, welche in diesen Sedimenten eingeschlossen wurden, hier und da nur noch spurweise gefunden wird, und daher gröfs-

ten Theils wieder in das Meer zurückgekehrt ist, davon war schon oben (S. 1141) die Rede.

Um eine Uebersicht von der Folge der mechanischen und der durch organische Thätigkeit bewirkten marinen Absätze in den verschiedenen sedimentären Formationen, von den ältesten bis zu den jüngsten, zu gewinnen, durchlaufen wir dieselben von unten nach oben *).

Das Uebergangsgebirge zeigt an vielen Stellen ausgedehnte Reihen von mechanischen Sedimenten, welche nicht durch Kalklager unterbrochen sind. Die silurische Formation in *Böhmen*, mit Einschlufs des Urschiefergebirges, erfüllt ein lang gestrecktes Bassin, und ihre untere Abtheilung beginnt über dem Granit und Gneifs mit krystallinischen Schiefern und anderen fossilfreien Gesteinen von grofser Verbreitung und Mächtigkeit. Darauf folgen in der Mitte des Bassins die ersten fossilhaltigen Schiefer (Anfang der eigentlichen silurischen Formation): mächtige Massen von Conglomerat, Sandstein, Quarzit und Schiefer. Innerhalb dieses Raumes tritt endlich die wesentlich aus Kalksteinen bestehende obere Abtheilung dieser Formation auf. Während die untere eine Länge von 20 geogr. Meilen und eine bis 10 M. reichende Breite hat, ist die obere Abtheilung nur 5 M. lang und 1 M. breit. Die Kalkstein-Bildung ist daher ungleich weniger mächtig als die Bildung der mechanischen Absätze.

Im westlichen *Rufsland* bilden Thon und Schieferthon die unterste Etage der unteren silurischen Formation; sie enthält, aufser einigen Fucoiden, keine organischen Ueberreste. Darauf folgen Sand und Sandsteine, welche nach oben mit bituminösen Schiefern wechseln und von denselben bedeckt werden. Organische Ueberreste sind darin oft in grofser Menge vorhanden. In *Schweden* finden sich auf Gneifs gelagert: Sandstein, Alaunschiefer mit Kalksteinlagern und Kalksteinnieren, Kalkstein, reich an organischen Ueberresten, und zuletzt Thonschiefer mit vielen solchen Ueberresten. In *Nordamerika* bildet wieder Sandstein das unterste Glied der unteren silurischen Formation; er ist reich, dage-

*) Hierbei wurden die geognostischen Werke von Naumann und von v. Leonhard benutzt.

gen der darauf folgende kalkige Sandstein arm an organischen Ueberresten. Darauf folgen zwei Kalkstein-Lager, welche sehr reich an solchen Ueberresten sind, und Schiefer-Lager, die nach unten nur wenig, nach oben aber viel davon enthalten. Die obere silurische Formation beginnt dort theils mit Sandsteinen, theils mit Conglomeraten, welche nur Fucoiden enthalten, und geht in Sandsteine mit Schieferletten-Schichten über. Darauf folgen rothe Sandsteine und grüne Schieferthone mit untergeordneten Schichten von Kalkstein und oolithischem Eisenerz, welche reich an organischen Ueberresten sind. In den jüngeren Schichten treten die Kalksteine in häufigem Wechsel mit Schieferthon, Dolomit und Gyps und mit ihnen theilweise auch organische Ueberreste immer mehr hervor.

Aehnlichen Verhältnissen begegnen wir in der devonischen Formation. In *Wales* und in den angrenzenden Grafschaften *Englands*, wie in *Schottland*, erscheint sie als eine mächtige Conglomerat- und Sandstein-Bildung; in *Devonshire* sind dagegen Grauwacke und Thonschiefer die vorherrschenden Gesteine. In *Wales* finden sich schon im Old red sandstone unregelmäfsige Lager von sandigen und mergeligen Kalkstein und Kalk-Concretionen, Ueberreste von fossilen Fischen enthaltend. Die Mächtigkeit der ganzen Formation steigt bis auf 8000 F. In *Schottland* liegen auf dem Granit mächtige Ablagerungen von Conglomerat und Sandstein. Darauf folgen ein kalkig-bituminöser Schiefer mit zahlreichen Ueberresten von Fischen und Pflanzenabdrücken, Sandsteine mit Schieferletten und Mergeln, und in der obersten Gruppe Lager eines fossilfreien aber hornsteinhaltigen Kalksteins. Im nördlichen *Devonshire* bilden ebenfalls Sandsteine und Conglomerate die Basis der ganzen Gruppe, worauf sandiger Thonschiefer folgt, der kalkige Schiefer und Kalksteine einschliefst; darin treten Korallen auf. Dieses Gebilde wird mit quarzreichen Schiefern und Sandsteinen bedeckt, und enthält eben so wenig wie jene Conglomerate organische Ueberreste. Darauf folgen Grauwackenschiefer und kalkhaltige Schiefer, die am reichsten an organischen Ueberresten sind. Im südlichen *Devonshire* folgt unmittelbar auf den Granit und die ihn umgebenden metamorphosirten Schiefer eine mäch-

tige Lage von Schiefern, welche oft kalkhaltig sind und sogar untergeordnete Kalkstein-Lager, meist sehr reich an Korallen, enthalten.

In *Rheinpreufsen* und *Westphalen* besteht, nach F. Römer *), das gröfstentheils der devonischen Formation angehörige Uebergangsgebirge aus einer älteren Abtheilung, fast überall aus Grauwackenschiefer, Sandstein und Thonschiefer bestehend, und aus einer jüngeren, Kalksteine, Mergel und Dolomit enthaltenden Abtheilung, worauf wieder schiefrige, kieselige und kalkige Gesteine folgen. Kalksteine finden sich in der älteren Abtheilung nur selten in einzelnen, schmalen, unreinen Schichten. Die organischen Ueberreste sind im Allgemeinen sparsam vorhanden und nur auf einzelne Schichten beschränkt **). In der *Eifel* ist der Kalkstein der Grauwacke muldenförmig eingelagert oder aufgelagert, und enthält Mergel und Dolomit. Nach unten wechseln Kalkstein-Schichten mit Schichten von Sandstein, welche reich an organischen Ueberresten sind. Die oberen Kalkschichten bestehen gröfstentheils aus Korallen. In dem grofsen *Rheinisch-Westphälischen* Kalksteinzug fehlen Versteinerungen nirgends und sind meist in grosser Menge vorhanden. Bei *Brilon* treten sehr quarzige Rotheisensteine auf, welche stellenweise in eisenhaltigen Kalkstein übergehen und fast überall Petrefacten enthalten. In *Westphalen* und bei *Aachen* liegen auf dem Kalksteine Thonschiefer, Kieselschiefer, Alaunschiefer, plattenförmige Kalksteine, mergelige Schieferthone und Sandsteine ***).

Die devonische Formation in *Belgien*, *Nassau* und auf dem *Harz* zeigt eine grofse Uebereinstimmung mit der in der *Rheinprovinz* und in *Westphalen*.

In der nördlichen devonischen Zone *Rufslands* folgen auf die silurischen Schichten sogleich Kalksteine und Mergel mit Petrefacten, und in den oberen Etagen wechseln sie mit

---

*) Das Rheinische Uebergangsgebirge, 1844.

**) Dagegen Baur im Archiv. f. Min. u. s. w. Bd. XX. S. 351.

***) v. Dechen in den Verhandl. des naturhistor. Vereins der Rheinlande und Westphalens. Jahrg. VII. S. 186.

Thonen und Sandsteinen. Ueber den letzteren liegt eine etwa 4 Fufs mächtige Knochenlage, welche in der unteren Hälfte fast nur aus Knochen und Schuppen von Fischen besteht, und darauf folgen Mergelkalkstein, Thonmergel und die untersten Schichten der Steinkohlen-Formation. In *Curland* und *Liefland* u. s. w., wo Kalksteine und Sandsteine zugleich vorkommen, finden sich in den ersteren die Mollusken, in den letzteren die Fische. In *Olonetz* und *Archangel* zeigen sich da, wo die Formation nur aus Sandsteinen besteht, nur Fischreste; in *Orel* und *Woronesch* endlich, wo der Kalkstein sehr vorherrscht, kommen viele Mollusken und nur selten Ueberreste von Fischresten vor *).

In den *Vereinigten Staaten* beginnt nach Verneuil **) die devonische Formation mit quarzigen, an organischen Ueberresten reichen Sandsteinen, auf die sehr kalkige Sandsteine und mehr oder weniger krystallinische Kalksteine, die viele Krinoiden und Korallen enthalten, folgen. Der an Hornstein-Nieren reiche Kalkstein enthält weder Krinoiden noch Korallen, dagegen viele andere Ueberreste. Der Marcellusschiefer ist ein schwarzer, sehr bituminöser Schiefer mit einzelnen Schichten und Concretionen von Kalkstein, in welchem die ersten Producten und Goniatiten auftreten. Einige kalkige Schichten sind ganz davon erfüllt. Die schwarzen Schiefer von *Genessee* sind im Ganzen arm an organischen Ueberresten. Das Vorwalten von Conglomeraten und Schiefern im östlichen Theile des Staates *New-York* berechtigt wohl zur Vermuthung, dafs im Osten ein Continent exi-

*) Diefs sind sehr auffallende Verhältnisse. Es ist kein Grund vorhanden zur Annahme, dafs zur Zeit der Kalkstein-Bildung nicht auch Fische gelebt haben und untergegangen sein sollten, wie zur Zeit der Sandstein-Bildung. Wohin sind aber dann ihre Ueberreste gekommen? — Konnten sie sich in Sandsteinen erhalten: so ist nicht einzusehen, warum sie sich nicht auch in Kalksteinen erhalten haben sollten. Im Gegentheil, die Erhaltung der kohlensauren und phosphorsauren Kalkerde der Knochen würde im kohlensauren Kalk leichter als im Sandsteine zu begreifen sein, da diese im Allgemeinen vom Wasser leichter durchdrungen werden, als die Kalksteine.

**) Bull. de la soc. géol. 2. sér. T. IV. p. 657.

stirte, durch dessen Flüsse das Material dieser Gesteine herbeigeführt wurde. Auch bezeugen die Fucoiden und die Wellenfurchen der Sandsteine die Nähe der Küste. Diese Wellenfurchen, welche sich in allen Etagen der genannten Gesteine vorfinden, deuten aber auf ein seichtes Meer, dessen Grund wahrscheinlich in einer säculären Senkung begriffen war, während die Schichten der silurischen und devonischen Formation auf ihm abgesetzt wurden.

Die gewöhnlich in Bassins vorkommende Steinkohlen-Formation begann häufig mit bedeutenden Conglomeraten, deren Fragmente meist von den nahe dabei anstehenden älteren Formationen abstammen, und bisweilen von gigantischer Gröſse sind. Sie enthalten, auſser seltenen Stammtheilen gröſserer Pflanzen, keine organischen Ueberreste; nur selten schlieſsen sie Kohlenflötze ein. Die Conglomerate treten selten in den mittleren Etagen auf. Gewöhnlich folgen auf sie Sandsteine, denen die seltener vorkommenden Quarzite, Hornsteine und Kieselschiefer, gewiſs gröſstentheils Bildungen durch chemische Niederschläge, ähnlich im Allgemeinen der Bildung der Feuersteine (S. 1246 ff.), zuzurechnen sind. Manchmal bilden die Sandsteine die untere Etage.

Die Schieferthone sind die unmittelbaren Begleiter der Steinkohlenflötze und die Hauptniederlagen der schönsten Pflanzenreste und des thonigen Sphärosiderit. Nicht selten enthalten sie auch die Ueberreste von Meeres-Ueberresten und Muschelabdrücken. Thonschiefer und Alaunschiefer, letztere mit Kalkstein-Nieren, kommen in den unteren Etagen mancher Steinkohlen-Bassins vor. Brandschiefer, reich an Fischen, Koprolithen und Pflanzenresten, scheinen vorzüglich den obersten Etagen der Formation anzugehören. Der Kohlenkalkstein, ein mächtiges und manchmal ausserordentlich verbreitetes Gebilde, ist die Hauptniederlage der thierischen Meeres-Ueberreste. Seine Schichten liegen oft ohne fremdartige Zwischenlagen vielfältig über einander, während sie in anderen Fällen durch Schieferthon- oder Kieselschiefer- oder auch durch Sandstein-Schichten von einander abgesondert sind. In mehreren Staaten *Nordamerika's* ist auf einer Fläche von Tausenden von Quadratmeilen der Kohlenkalkstein als eines der untersten Glieder der Steinkohlen-Formation be-

kannt. Auch Dolomite kommen in dieser Kalksteinformation vor. Die oberen und selbst die unteren Etagen, namentlich der Steinkohlen-Formationen *Grofsbritanniens*, enthalten Lager von Süsswasserkalkstein, woraus hervorgeht, dafs während des Absatzes dieser Formationen langsame Oscillationen der Erdoberfläche stattgefunden haben.

Manche Kalkstein-Lager nehmen in ihrer weiteren Ausdehnung viele Zwischenschichten von Sandstein und Schieferthon, oder von Thonschiefer und Kieselschiefer auf, bis endlich das ganze Schichtensystem in eine Conglomerat-Bildung mit untergeordneten Kalkschichten übergeht.

Die Reihe der sedimentären Formationen wurde nicht überall vollständig ausgebildet; daher ist die Steinkohlen-Formation oft unmittelbar auf der silurischen Formation, oder auch auf Granit, Glimmerschiefer u. s. w. gelagert, und geht häufig, ohne mit jüngeren sedimentären Formationen bedeckt zu sein, zu Tage aus.

In der hier und da auf die Steinkohlen-Formation folgenden permischen Formation beginnen im sogenannten Rothliegenden *) wieder die Conglomerate und Sandsteine mit ihren Schieferletten und Thonsteinen. Kalksteine oder Do-

---

*) Zu den Verirrungen früherer Zeiten gehört es, diese Sandsteinbildung als ein unmittelbares Erzeugnifs der sogenannten eruptiven Porphyre zu halten. Nach G. Rose (Poggend. Annal. Bd. LXVI. S. 108) ist die Grundmasse der Porphyre ein scheinbar gleichartiges sehr inniges Gemeng, aus welchem nach der Verwitterung der höchst feine, mit blofsen Augen nicht sichtbare Quarz durch Schlämmen vom Feldspath nicht, sondern nur der gröbere deutlich krystallisirte abgesondert werden kann. In den Sandsteinen des Rothliegenden ist dagegen ein vielfacher Wechsel in der Gröfse des Korns, und häufig finden sich darin Conglomerate. Aus Porphyren allein konnten sich daher diese Sandsteine nicht gebildet haben, wenn man auch deren bis zu 60 Proc. steigende Feldspathmasse für das Material halten konnte, aus welchem die Schieferthone und Thonsteine im Rothliegenden entstanden wären. Ueberdiefs halten selbst die selten vorkommenden eisenreichsten Porphyre nur 9 Proc. Eisenoxydul, in anderen sinkt es unter 1 Proc. herab; also auch defshalb konnten die eisenreichen Sandsteine des Rothliegenden aus zerstörten Porphyren allein nicht hervorgegangen sein.

lomite, Schieferthone, Brandschiefer und Steinkohlen treten darin nur als sehr untergeordnete, hier und da vorkommende und oft gänzlich fehlende Glieder auf. Auf das Rothliegende folgt der hauptsächlich aus Kalksteinen und Dolomiten bestehende Zechstein, der Gyps, Mergel und Steinsalz als untergeordnete Glieder einschliefst. Dem Kalksteine geht aber meist ein mechanischer Absatz einer bituminösen, kupferhaltigen Mergelschicht vorher.

Eine mächtige und sehr verbreitete Sandstein-Bildung, die des bunten Sandsteins, eröffnet die Trias-Formation. Dieser Sandstein hält selten ausgezeichnete Conglomerate. Hier und da umschliefst er untergeordnete Lagen von Kalkstein. Auf ihn folgt der, namentlich in *Deutschland* sehr hervortretende Muschelkalk, welcher in anderen Ländern (im nördlichen *Frankreich*, in *England* u. s. w.) gänzlich fehlt. In den oberen Etagen dieses Kalksteins kommt hier und da Dolomit vor. Darauf folgt der Keuper, die aus Sandsteinen und thonigen oder kalkigen Mergeln bestehende letzte Bildung der Trias. Wo der Muschelkalk fehlt, geht der bunte Sandstein in den Keuper über, und die ganze Formation erscheint wesentlich als ein mechanischer Absatz.

Mit dem unteren Liassandstein beginnt die mächtigste der auf die Steinkohlen-Gruppe folgenden Formationen, die oolithische. Nicht selten fehlt indefs dieser Sandstein und dann liegt der Liaskalk unmittelbar auf Keuper. In *Thüringen* ist unter den Lias-Gliedern der untere Sandstein am mächtigsten. Auf den Liaskalk folgt der Liasschiefer, welcher mit festen kalkigen Mergeln wechsellagert, und darauf der obere Liassandstein, der nicht selten thonige Schichten enthält und auch mit Liasschiefer und Liaskalk wechselt. Auf der Lias-Gruppe liegt die ausgedehnte Jura-Formation. Darin walten im Allgemeinen, namentlich im südlichen *Deutschland* und in den *Alpen*, die Kalklager vor, während in jenem Lande, wie auch in mehreren Gegenden *Frankreichs*, die Thonlager nur geringe Bedeutung haben. Im nördlichen *Deutschland* finden sich jedoch viele sandige Kalklager, schiefrige Mergel u. s. w. In *England* erreichen die Oolithe und die thonigen Bildungen eine Mächtigkeit von mehr als 1000 Fufs und die Kalklager treten zurück. Die

Schiefer sind meist bituminös. Der Juradolomit ist ein in *Deutschland* sehr verbreitetes Gebilde. Im nördlichen und mittleren *Rufsland* besteht die Jura-Formation im Allgemeinen aus Schiefern oder Thon, aus Sand, Sandstein und Mergel; nur selten erscheinen Kalklager. In manchen Lagern des Jurakalk, wie im rothen Ammoniten-Kalk, finden sich Hornsteinknollen, die jedoch nur spätere Auslauge-Producte sein können.

Auch die jüngste unter den secundären Formationen beginnt mit einer Sandstein-Bildung, mit dem Quader- oder Grünsandstein, und hierauf folgt die Kreide. Thonschichten (Wälder-Thon, Gault zwischen dem Quadersandstein in *England*) treten nur hie und da, dann aber in nicht unbedeutender Mächtigkeit auf.

Aus dieser Darstellung ergiebt sich, dafs im Allgemeinen jede Formation mit dem Absatze von Conglomeraten und Sandsteinen begonnen hat. Es liegt auch ganz in der Natur der Sache, dafs die aus den gröbsten Theilen bestehenden mechanischen Sedimente zuerst abgesetzt werden mufsten. Daher ist es auch sehr bezeichnend, dafs in den silurischen und devonischen Formationen die Conglomerat-Bildungen die untersten Lagen bilden, und dafs sie sich in den höheren Etagen nicht wiederholen. Nur in der silurischen Formation von *Nordamerika* zeigt sich in so fern eine Ausnahme von dieser Regel, als hier die Conglomerate erst in der obersten Abtheilung auftreten.

Das Gefälle der jetzigen Flüsse hat sich, in Folge des Austiefens ihres Bettes in den oberen Theilen ihres Laufes und der Anschwemmungen an ihrer Mündung, fortwährend vermindert. Wo solche Anschwemmungen oder Delta-Bildungen nicht stattfinden, da ist es natürlich blofs jene Ursache, welche ihr Gefälle vermindert hatte. Mit wenigen Ausnahmen führen daher unsere dermaligen Flüsse nur noch die feinsten schwebenden Theile in das Meer. Es ist nicht denkbar, dafs sie jemals wieder grofse Massen grober Geschiebe in dasselbe wälzen werden, wenn sich nicht die Höhen-Verhältnisse in ihren Stromgebieten wesentlich verändern. Sollten aber Hebungen, gleich denen des Alpengebirges, in diesen Gebieten eintreten, wodurch das Gefälle der

Flüsse wieder seinen alten Stand erreichen sollte, dann würden wieder grobe Geschiebe in das Meer geführt werden, und diefs würde der Anfang einer neuen Formation sein. Zur Zeit, wo das Land, welches jetzt von dem hohen Alpengebirge bedeckt wird, mäfsig über die Meeresfläche hervorragte, hatten die Flüsse, die von dorther in die Nordsee strömten, ein bei weitem geringeres Gefälle als unser jetziger *Rhein*. Sie konnten also damals noch weniger, als jetzt der *Rhein*, gröbere Geschiebe in das Meer führen. Ja es mag sein, dafs die damaligen Flüsse der *Schweiz* ihren Lauf blofs nach dem *Mittelländischen* Meere genommen hatten, in welchem Falle der nach der *Nordsee* fliefsende Strom nur das Flufsgebiet des jetzigen *Rhein*, ohne das der *Schweiz*, gehabt und dem Meere etwa nur so viel Wasser wie die *Elbe* und mit so geringem Gefälle wie diese, zugeführt haben würde. Erhoben sich hierauf die Alpen: so nahm das Gefälle und die Wassermasse des damaligen Stroms bedeutend zu, und nun konnten gröbere Geschiebe dem Meere zugeführt und die früheren Absätze aus feinem Material mit diesen groben Geschieben bedeckt werden; damit begann eine neue Formations-Periode in diesen Absätzen des Meeres. So wie sich aber nach und nach das Gefälle wieder verminderte: so wurden die Lager groben Geschiebes mit feinerem und mit immer feinerem Material bedeckt, bis endlich die dermaligen Verhältnisse, wo nur noch die feinsten schwebenden Theile des *Rhein* in das Meer gelangen, eintraten.

Die Hebung des Alpengebirges mufste aber, um eine solche Veränderung in der Gröfse des dem Meere zugeführten Detritus zu bewirken, viel rascher von Statten gegangen sein, als die dermalen noch fortdaurende Hebung von *Skandinavien;* denn die Flüsse in diesem Lande mögen ihr Bett leicht in demselben Verhältnisse austiefen, als sich umgekehrt das dortige Land erhebt. Eine so langsam erfolgende Hebung kann daher die Gröfse des dem Meere zugeführten Detritus nicht wesentlich verändern.

Es ist denkbar, dafs der Anfang einer neuen mit dem Absatze groben Materials beginnenden Formation die Folge einer plötzlichen Zerstörung der felsigen Meeresküsten sein

könne. Die von den nahen älteren Formationen abstammenden Fragmente der Conglomerate der Steinkohlen-Formation deuten sogar auf einen solchen Ursprung. Wir dürfen aber nicht übersehen, dafs keine Ursachen vorliegen, welche berechtigen könnten, in früheren Zeiten bei weitem gröfsere Wirkungen der Brandung anzunehmen, als heut zu Tage. Die Ebbe und Fluth so wie die Stürme, welche die Brandung bewirken, hängen von Ursachen ab, die stets dieselben geblieben sind. So wie jetzt, so gewifs zu jeder Zeit stürzten überhängende Felsen an den Meeresküsten in das Meer und wurden nach und nach durch die Fluthen zermalmt. Dieses sind und waren vorübergehende Erscheinungen; denn von sechs zu sechs Stunden wechselt die Ebbe und Fluth. Eine mit gleicher Intensität während langer Zeiträume fortwirkende Brandung, wodurch solche Massen von grobem Material hätten geliefert werden können, als zur Bildung ausgedehnter Lager von Conglomeraten erforderlich gewesen wäre: eine solche Annahme hat daher wenig Wahrscheinlichkeit. Das Fortführen grober Geschiebe durch die Flüsse während langer Zeiträume, in denen sich ihr Gefälle nicht wesentlich verminderte, das Anhäufen dieser Geschiebe an ihren Mündungen auf grofsen Flächen, ist, wie uns scheint, diejenige Erscheinung, von welcher der Anfang einer neuen Formations-Periode weit genügender abzuleiten ist, als von den partiellen Wirkungen der Brandung; obgleich letztere gewifs einzelnen, in Absätzen von feinerem Korn eingeschlossenen Conglomeraten Ursprung gegeben haben.

An steilen Küsten eines so eben aus dem Meere erhobenen Continents stürzen die Flüsse mit starkem Gefälle, wie mehrere Flüsse in *Norwegen*, in das Meer, und bilden hier Cascaden. Sie führen grobes Gerölle demselben zu und es entstehen Anschwemmungen. Steigen sie über den Spiegel des Meeres: so tiefen die Flüsse ihr Bett in ihren eigenen Absätzen aus und ihr Gefälle vermindert sich. Sie führen dann bei normalem Wasserstande nur noch Sand und blofs zur Fluthzeit gröbere Geschiebe in das Meer. Die schwebenden Theile gelangen aber nach wie vor in das Meer; sie verbreiten sich in demselben und setzen sich an entfernten Stellen von der Mündung der Flüsse ab.

Da die Wasserfälle zurückrücken, wie diefs so deutlich der *Niagara*-Fall zeigt *), und da die Flüsse oberhalb derselben ihr Bett austiefen: so vermindern sich nach und nach die Fallhöhen und endlich verschwinden die Wasserfälle gänzlich, indem sich das plötzliche Gefälle auf eine lange Strecke des Flufslaufes vertheilt.

Als nach der Erhebung des Rheinischen Schiefergebirges der Abhang desselben die Küsten der *Nordsee* bildete, mündete sich der *Rhein* wahrscheinlich gleich oberhalb *Bonn* in das Meer oder in den damaligen Meerbusen. *Königswinter* am Fufse des *Siebengebirges* liegt 150 Fufs über dem Meeresspiegel. War das Bett des Stromes damals so tief in das Schiefergebirge eingeschnitten, wie jetzt: so bildete er an seiner Mündung einen Wasserfall von dieser Höhe und sein Gerölle stürzte in das damalige Meer. Da er aber während der langen Periode, innerhalb welcher sein Alluvium bis zu den dermaligen Küsten der *Nordsee* fortgeschoben wurde, sein Bett im Schiefergebirge austiefte: so war die Höhe jenes Wasserfalles gewifs noch viel gröfser als 150 Fufs. Da die älteren Absätze des *Rhein*, der Löfs, bis zu Höhen von 300 Fufs über dem Meeresspiegel ansteigen: so wird der *Rhein* innerhalb des Schiefergebirges einstens diesen Stand gehabt haben, wenn nicht dieses Gebirge seitdem noch mehr gehoben worden sein sollte. Jedoch wir bleiben bei seinen jüngsten Anschwemmungen stehen.

In den Sandgruben im Rheinthale ist der letzte Absatz eine Thonschicht bis zu ungfähr 10 Fufs Dicke. Darauf folgt ein Wechsel von gröfseren mit Sand gemengten Geschieben und von reinen feinkörnigen Sandschichten. Nur an einzelnen Stellen, wie z. B. gleich unterhalb *Bonn*, finden sich Sandlager als letzte Anschwemmungen. Der Absatz jener gröberen Geschiebe fällt in die Zeit, wo die starke Strömung des *Rhein*, in Folge seines jähen Absturzes, solche schwere Massen fortwälzen konnte. Als der Lauf des Stromes immer langsamer wurde, konnten die gröfseren Geschiebe und der Sand nur noch bei hohem Wasserstande fortgescho-

---

*) Lyell a. a O. p. 204.

ben werden; da wo das Wasser stagnirte, setzten sich aber schwebende Theile ab, und bildeten das jüngste Glied seiner Anschwemmungen, die Thonschicht, in der sich nur selten Gerölle findet. Die schwebenden Theile, welche der *Rhein* zu der Zeit mit sich führte, wo die Geschiebe und der Sand abgelagert wurden, konnten wegen der damaligen starken Strömung nicht oder doch nur äusserst sparsam zum Absatze kommen, sondern gelangten in das Meer.

Wenn einst die losen Massen der Anschwemmungen des *Rhein* durch Bindemittel erhärten sollten: so würden Schichten von Conglomeraten, Sandsteinen und eine dünne Thonschieferschicht in derselben Folge entstehen, wie wir sie in den ersten Gliedern der silurischen und devonischen Formation finden. Die Thonschieferschicht würde sogar an manchen Stellen kalkhaltig sein (S. 1586).

So hoch als in den sandigen Schichten des Rheinthales das Rheinwasser ansteigt, könnte der darin aufgelöste kohlensaure Kalk das Bindemittel werden; denn entweicht dessen halbgebundene Kohlensäure durch den Sand, so schlägt sich kohlensaurer Kalk nieder. Es ist möglich, dafs unterhalb der Grundwasser der Sand schon in anfangender Bildung zu festem Sandstein begriffen wäre. Bis zu diesen Tiefen hat man aber die Anschwemmungen noch nicht durchsunken, da man sich beim Graben der Brunnen begnügt, nur wenige Fuss unter dem niedrigsten Stande des *Rhein* zu dringen. Einzelne Concretionen finden sich indefs in dem Gerölle, bewirkt durch Eisenoxydhydrat, welches die von oben nach unten dringenden Meteorwasser als Carbonat mit sich führten.

Aus obiger Darstellung haben wir ersehen, dafs die Kalklager in jeder Formation spätere Bildungen als die Conglomerate und Sandsteine sind. Kalksteine eröffnen zwar manchmal die devonische Formation (S. 1611), so wie auch die oolithische (S. 1415); solche Ausnahmen von der Regel zeigen aber blofs, dafs an diesen Stellen das Material zu mechanischen Absätzen gefehlt hatte, und dafs mithin die kalkabsondernden Meeresthiere ihr Werk beginnen konnten. Ueberdiefs ist zu bemerken, dafs die Zergliederung der grofsen Reihe der sedimentären Bildungen in einzelne Gruppen eine

künstliche, wenn auch auf Aehnlichkeit oder Unähnlichkeit der organischen Ueberreste gegründete ist, dafs diese Zergliederung vielfach gewechselt hat, und dafs jetzt noch die Geognosten in manchen Fällen nicht einig sind, ob dieses oder jenes Glied dieser oder jener Formation zuzutheilen sei. Aber auch davon abgesehen, zeigen ja die Uebergänge mancher Kalksteinlager in mechanische Absätze in demselben Schichtensystem, wie namentlich in der Steinkohlen-Formation, dafs gleichzeitige Absätze nicht immer identische waren. Nahe an der Mündung der Flüsse der alten Continente entstanden Conglomerate, weiter davon entfernt Sandsteine, noch weiter in das Meer hinein, wo nur noch schwebende Theile abgesetzt wurden, Thone und Schiefer und an den entlegensten Stellen im klaren Wasser Kalksteine. Traten im Bereiche solcher gleichzeitiger aber verschiedenartiger Bildungen Aenderungen ein, indem bald die groben Theile auf dem Meeresgrund und die schwebenden im Meerwasser weiter fortgeschoben oder zurückgedrängt wurden, bald das klare Wasser den Küsten näher rückte oder sich davon entfernte, so entstand ein Wechsel verschiedenartiger Absätze an denselben Stellen.

Da in der Jura-Formation an manchen Stellen Kalklager an anderen Thon- und Mergellager vorherrschen: so rührt diefs ohne Zweifel davon her, dafs letztere vorzugsweise nahe an der Küste des früheren Meeres, erstere dagegen entfernt davon im klaren Wasser abgesetzt wurden. Die schwebenden Theile, welche die bituminösen Schichten bildeten, mufsten eben so mit organischen Substanzen getränkt gewesen sein, wie die des Wassers der *Themse* und der *Weichsel* (S. 1545 und 1546).

Was früher (Bd. I. S. 954) in Beziehung auf die Kalkabsätze bemerkt wurde, findet seine Bestätigung in den Lagerungsverhältnissen der Kalksteine und in ihrem Wechsel mit den mechanischen Absätzen. Da in weissen Kalklagern vegetabilische Ueberreste nur selten vorkommen: so ist den Pflanzen bei ihrer Bildung nur ein geringer Antheil beizumessen. Der umgekehrte Fall scheint aber bei den dunkel gefärbten oder schwarzen Kalklagern statt gefunden zu haben; denn deren Kohlenstoff, womit sie oft ganz durchdrungen sind,

stammt wahrscheinlich gröſstentheils vom Pflanzenreiche ab (Bd. I. S. 953). Es waren Pflanzen, ähnlich den Chara-Arten, in denen die Menge des kohlensauren Kalks bis auf 66,7 Proc. vom Gewicht der Pflanzen steigt *).

Die kalkabsondernden Meeresthiere scheinen nicht erst in den späteren Perioden, wo die Kalklager gebildet wurden, entstanden zu sein; denn da schon vor dem Absatze des kohlensauren Kalks Fische im Meere gelebt hatten, deren Ueberreste sich in den Sandsteinen finden: so ist nicht wahrscheinlich, daſs jene unvollkommneren Thiere, wie namentlich die Korallenthiere, später in's Leben getreten sein sollten, als die auf einer höheren Organisationsstufe stehenden Fische. Die Präexistenz der kalkabsondernden Thiere erhebt sich zur Gewiſsheit, wenn man beachtet, daſs im südlichen *Devonshire* schon in den ersten Schichten der silurischen Formation an Korallen reiche Kalkstein-Lager vorkommen, und daſs in der nördlichen devonischen Zone *Ruſslands* sogleich auf die silurischen Schichten Kalksteine folgen. So lange als die Bildung der mechanischen Absätze prädominirte, konnte sich die organische Thätigkeit der kalkabsondernden Meeresthiere nicht äussern; von den Korallenthieren ist es wenigstens bekannt, daſs sie ihre Bauten nur in klarem Wasser auszuführen vermögen (Bd. I. S. 960). Daſs indeſs diese Thiere ihre Wirksamkeit schon begonnen hatten, als die Bildung der mechanischen Absätze noch im Gange war, zeigt der häufige Wechsel der Kalksteine mit Schieferthon, und ihr Vorkommen im Old red sandstone. Waren die mechanischen Absätze vorherrschend: so bildeten die Kalkabsätze nur unregelmäſsige Lager, oder sie mengten sich mit jenen und erst später vereinigten die das Gestein durchdringenden Gewässer die zerstreuten Theilchen kohlensauren Kalkes zu Kalk-Concretionen.

Solche Concretionen, so wie der nur durch das Brausen mit Säuren erkennbare kohlensaure Kalk in Sandsteinen und Schiefern, welche in verschiedenen Formationen unter Kalksteinen liegen und wovon das Obige mehrere Fälle darbietet, verdanken ihren Kalkgehalt gewiſs meist den letzte-

---

*) C. Schulz-Fleeth in Poggend. Ann. Bd. LXXXIV. S. 80.

ren; denn die Zerklüftungen und die Höhlen in denselben zeigen, dafs bedeutende Quantitäten kohlensaurer Kalkerde durch die Gewässer fortgeführt wurden. Diefs mag meist erst geschehen sein, als sich solche Formationen über das Meer erhoben hatten; denn in diesem Falle konnten sich die durchfiltrirenden Gewässer mit kohlensaurer Kalkerde sättigen und dieses Carbonat in den darunter liegenden Schichten absetzen.

Hätten sich die Kalklager aus einem im Meere schwebenden Kalkschlamm gebildet, wie sich manche Geognosten vorstellen: so würden nie reine oder fast reine Kalksteine entstanden sein; es sei denn, dafs die Flüsse von ihrem Ursprunge bis zu ihrer Mündung in das Meer nur durch Kalkgebirge geflossen wären. Dann würden aber solche Flüsse nur Kalklager und nie Sandstein- und Thonlager abgesetzt haben. Es ist indefs kein Grund vorhanden zur Annahme, dafs während der sedimentären Periode die Flüsse andere Bestandtheile und in anderer Beschaffenheit dem Meere zugeführt haben sollten, als heut zu Tage. Sollten sie, wie die *Donau* bei *Wien* (S. 1588), kohlensauren Kalk im suspendirten Zustande mit sich geführt haben: so hätten sie nur kalkhaltige Schiefer, nicht aber reine Kalklager bilden können. Die im Allgemeinen so strenge Sonderung der Kalkabsätze von den mechanischen Absätzen in den sedimentären Gesteinen zeigt entschieden, dafs diese verschiedenartigen Absätze unter ganz verschiedenen Bedingungen gebildet wurden.

Wir haben uns in dieser Darstellung blofs auf die Kalkabsätze beschränkt. Was den Absatz der kohlensauren Magnesia betrifft, so beziehen wir uns auf S. 1136. ff.

Die Flüsse *Dee* und *Don* (S. 1518) zeigen, wie wenig kohlensauren Kalk die aus dem Granit kommenden Flüsse enthalten, und diefs ist auch leicht erklärbar, da im Orthoklas nur Spuren von Kalksilicaten und etwas mehr davon in dem, in manchen Graniten vorkommenden Oligoklas enthalten sind. Auch die *Möll* und *Oetz* (S. 1518), welche in krystallinischen Schiefern entspringen, enthalten sehr wenig kohlensauren Kalk. Bei weitem die gröfste Menge desselben nehmen daher die Flüsse aus den Kalkgebirgen auf; denn die augitischen und amphibolischen Gesteine, welche Kalk-

silicate in reichlicher Menge enthalten, sind zu wenig verbreitet, als dafs durch ihre Zersetzung bedeutende Quantitäten kohlensaurer Kalkerde geliefert werden könnten.

Wir kennen blofs die Lager körnigen Kalks in den versteinerungsleeren Schiefern, welche vor der Bildung des Uebergangsgebirges den Flüssen kohlensauren Kalk liefern konnten. Ob sie eine solche Verbreitung wie unsere jetzigen Kalkgebirge hatten, wissen wir nicht. Ausgedehnte Gebirgsmassen mufsten aber vorhanden gewesen sein, durch deren Zerstörung dem Meere so viele schwebende Theile zugeführt wurden, als zum Absatze einer so mächtigen Formation, wie das Uebergangsgebirge ist, erforderlich war. Granite und Gneifse konnten es gewesen sein, welche das Material zu dieser Formation geliefert hatten; denn diese Gesteine variiren in ihrer Zusammensetzung so sehr, dafs die verschiedenen Glieder des Uebergangsgebirges von den Sandsteinen und der quarzreichen Grauwacke an bis zum quarzfreien Thonschiefer daraus entstehen konnten. Sie konnten aber den Flüssen nur sehr wenig kohlensauren Kalk liefern. Gleichwohl fanden die kalkabsondernden Meeresthiere, nachdem die ersten mechanischen Sedimente der silurischen Formation gebildet worden waren, kohlensauren Kalk in hinreichender Menge für den Absatz mächtiger Kalkstein-Lager. Obgleich wir das relative Verhältnifs zwischen den mechanischen und den Kalk-Absätzen im Uebergangsgebirge nicht schätzen können: so leuchtet doch ein, dafs die geringen Mengen kohlensauren Kalks, welche Granite und Gneifse liefern konnten, unmöglich hinreichend waren für die Bildung jener Kalklager. Entweder enthielt daher das Meer kohlensauren Kalk schon als ursprünglichen Bestandtheil, oder andere Gesteine, welche ihn oder Kalksilicate enthalten haben, lieferten gleichzeitig mit den zerstörten Graniten und Gneifsen Material für die sedimentären Bildungen. Wahrscheinlich rührt der kohlensaure Kalk im Uebergangsgebirge von beiden Quellen her. Dafs schon vor der Entstehung des Uebergangsgebirges das Meerwasser kohlensauren Kalk enthielt, zeigen die Lager körnigen Kalks in den versteinerungsleeren Schiefern, denn auch diese Lager sind sedimentäre Bildungen (S. 1001).

So viel ist gewifs, dafs alle kalkhaltigen Gesteine, welche vor der Bildung des Uebergangsgebirges vorhanden waren, dasselbe Schicksal wie unsere jetzigen kalkhaltigen Gesteine hatten. Ihr Kalk wurde während ihrer gänzlichen Zerstörung dem Meere als Carbonat zugeführt, mag er an Kohlensäure oder an Kieselsäure gebunden gewesen sein (Bd. I. S. 969).

Was von den Kalklagern im Uebergangsgebirge gilt, das hat auch Bezug auf die der folgenden sedimentären Formationen bis zu den tertiären. Da die Kalklager im Verhältnisse zu den mechanischen Absätzen, und besonders im Verhältnisse zu den aus schwebenden Theilen der Flüsse entstandenen Thonschieferschichten, beständig fort zunehmen: so mufs auch die Menge der kohlensauren Kalkerde in den Flüssen immerfort zugenommen und dagegen die der schwebenden Theile abgenommen haben. Diefs ist aber in völliger Uebereinstimmung mit dem Wechsel der Gesteine auf der Erdoberfläche. Wenn vor der Bildung des Uebergangsgebirges nur solche Gesteine die Erdoberfläche bildeten, welche arm an Kalk waren: so führten die Flüsse davon wenig, aber mindestens eben so viel schwebende Theile, wie jetzt, dem Meere zu. Das Material zu den mechanischen Absätzen war also in gröfserer Menge als das zu den Kalkabsätzen vorhanden. Da aber während einer langen Periode nur mechanische Absätze gebildet wurden, wie die ersten Glieder der silurischen Formation darthun: so nahm der kohlensaure Kalk im Meere zu. Trat dann die organische Thätigkeit der kalkabsondernden Organismen in's Leben: so bildeten sich die Kalklager dieser Formation. Wurden dieselben über das Meer erhoben und begann ein neuer Lauf der Flüsse: so nahmen diese mehr kohlensauren Kalk auf, als früherhin, und die schwebenden Theile nahmen ab. Je mehr aber diese und folglich die mechanischen Absätze abnahmen, und je mehr der kohlensaure Kalk zunahm, desto ungestörter konnten die kalkabsondernden Organismen ihre Thätigkeit fortsetzen und desto mächtigere Kalklager mufsten entstehen. Erhoben sich auch diese Lager über das Meer: so wurden immer gröfsere Theile der Erdoberfläche mit Kalkgebirgen bedeckt, und immer mehr nahmen die unlöslichen

Theile ab, bis endlich das jetzige Verhältnifs in den Flüssen, das bedeutende Vorherrschen der kohlensauren Kalkerde gegen die schwebenden Theile eintrat. Die so ungewöhnlich vorherrschende kohlensaure Kalkerde in der, gröfsten Theils Kalkgebirge durchströmenden *Themse* und die bis auf ein Minimum zurück gedrängte Menge ihrer schwebenden Theile zeigt recht deutlich, wie sehr sich diese vermindern, wenn die Kalkgebirge in den Flufsgebieten die Schiefer-, Granit- und Gneifs-Gebirge überwiegen.

---

Während des Drucks dieses Kapitels erhielt ich durch die Güte des Verfassers eine werthvolle Abhandlung *), deren Hauptresultate, welche sich an S. 1586 anschliefsen, hier nachträglich folgen. Durch Bohrversuche bis zu einer Tiefe von 232 Fufs unter *Amsterdam* wurden 19 verschiedene Schichten durchbohrt. Es wechseln 11 thonige Schichten von 153 F. Gesammtmächtigkeit mit 8 Sandschichten von 79 F. Gesammtmächtigkeit. In Tiefen von 200 bis zu 900 und 1800 F. wurde blofs Sand gefunden. Vier von jenen Thonschichten wurden der chemischen Analyse unterworfen. Nachdem die Proben mit Wasser ausgelaugt worden, wurden sie mit Säuren behandelt und hierauf aufgeschlossen. Die von diesen Auflösungsmitteln extrahirten Salzbasen und Säuren, welche in getrennten Analysen angegeben wurden, haben wir als ein Ganzes zusammengestellt, und die Kohlensäure und Schwefelsäure an die entsprechenden Basen vertheilt.

---

*) De Bodem onder Amsterdam onderzocht en beschreven door P. Harting. Amsterdam 1852.

| | I | I A | II | II A |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . . . | 44,35 | 64,51 | 76,14 | 87,41 |
| Thonerde und Eisenoxyd | 19,78 | 28,77 | 6,75 | 7,75 |
| Eisenoxydul . . . . . | 1,70 | 2,47 | 0,93 | 1,07 |
| Manganoxyd . . . . . | — | — | 0,50 | 0,57 |
| Kalkerde . . . . . . | Spur | — | 0,66 | 0,76 |
| Magnesia . . . . . . | 1,12 | 1,63 | 1,81 | 2,08 |
| Kali . . . . . . . | 0,62 | 0,90 | 0,10 | 0,11 |
| Natron . . . . . . | 1,18 | 1,72 | 0,22 | 0,25 |
| Kohlens. Kalk . . . . . | 12,20 | — | 3,10 | — |
| „ „ Magnesia . . . | 2,12 | — | — | — |
| Schwefels. Kalk . . . | 0,46 | — | — | — |
| Eisenkies . . . . . . | 3,33 | — | 2,50 | — |
| Organ. Substanzen . . | 12,84 | — | 6,43 | — |
| | 99,70 | 100,00 | 99,14 | 100,00 |
| Wassergehalt . . . . | 20,42 Proc. | | 2,85 Proc. | |

| | III | III A | IV | IV A |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . . . | 48,79 | 83,17 | 43,93 | 56,71 |
| Thonerde und Eisenoxyd | 6,53 | 11,13 | 19,06 | 24,61 |
| Eisenoxydul . . . . . | 1,13 | 1,93 | 6,60 | 8,52 |
| Manganoxyd . . . . . | 0,90 | 1,54 | 0,63 | 0,81 |
| Kalkerde . . . . . . | 0,38 | 0,65 | 2,36 | 3,05 |
| Magnesia . . . . . . | 0,77 | 1,31 | 4,02 | 5,19 |
| Kali . . . . . . . | 0,16 | 0,27 | 0,41 | 0,53 |
| Natron . . . . . . | — | — | 0,45 | 0,58 |
| Kohlens. Kalk . . . . | 9,22 | — | 12,55 | — |
| „ „ Magnesia . . | 1,34 | — | — | — |
| „ „ Eisenoxydul . | 1,56 | — | — | — |
| Schwefels. Kalk . . . . | 1,69 | — | 0,80 | — |
| Eisenkies . . . . . . | 4,32 | — | — | — |
| Organ. Substanzen . . | 19,95 | — | 7,55 | — |
| | 96,74 | 100,00 | 98,36 | 100,00 |
| Wassergehalt . . . . | 8,09 Proc. | | 4,62 Proc. | |

I Torfähnlicher Thon aus 31 Fufs Tiefe, $13\frac{1}{3}$ F. mäch-

tig mit Ueberesten von Landpflanzen. Er enthielt wenige Quarzkörner, viele scharfkantige durchscheinende Körnchen und feine Glimmerblättchen, so wie Eisenkieskryställchen.

II Gelblichgrauer Thonmergel aus 53 Fufs Tiefe, 11 F. mächtig.

III Diatomeen-Thon aus 138 F. Tiefe, bildet ein 8. F. mächtiges Lager. Er unterscheidet sich von den vorhergehenden durch seine zahllosen kleinen organischen Wesen, deren Kieselschalen darin begraben liegen. Dieselben machen $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{2}$ der ganzen Masse aus. Ausser diesen Diatomeen-Panzern kommen in diesem Thon auch vegetabilische Ueberreste vor. In keinem andern Lager findet sich eine so bedeutende Menge von organischen Ueberresten, als in diesem. Viele von den Diatomeenschalen sind mit Eisenkieskrystallen erfüllt.

Harting führt Eisenoxydhydrat und basisch schwefelsaure Thonerde unter den Bestandtheilen an. Da wir die Schwefelsäure der Kalkerde zugetheilt haben: so würde nach seiner Annahme die Menge der kohlensauren Kalkerde etwas zunehmen, die des kohlensauren Eisenoxydul und der Thonerde etwas abnehmen.

IV Dichter Thonmergel aus 166 Fufs Tiefe, bildet eine 11 Fufs mächtige Schicht. Erkennbare organische Ueberreste kommen darin nicht vor.

I A, II A, III A und IV A nach Abzug der Carbonate und Sulphate, des Eisenkieses und der organischen Substanzen. Die durch Wasser extrahirten Chlorüre, Sulphate u. s. w., so wie geringe bis auf 0,12 Proc. steigende Mengen Phosphorsäure, wovon zum Theil die Verluste herrühren, blieben unberücksichtigt.

Die Zusammensetzung vorstehender Schichten hat einige Aehnlichkeit mit der, des Carbonate enthaltenden Löfs (S. 1583). Die mit A bezeichneten Zusammensetzungen haben eine noch gröfsere Aehnlichkeit mit denen des Thonschiefers und der Grauwacke. I A stimmt fast ganz mit den schwebenden Theilen des *Rhein* (S. 1577. II) überein, und II A und III A nähern sich sehr dem Absatze dieses Stroms im *Bodensee* (S. 1577. IV nach Abzug der Carbonate).

Der Diatomeen-Thon III kann nur zum Theil ein Ab-

satz aus Flüssen sein; denn die ursprüngliche Kieselsäure wurde durch die Diatomeen-Panzer erhöht. Bringt man $\frac{1}{3}$ der ganzen Masse als Kieselsäure in Abzug: so erhält man eine Zusammensetzung, welche zwischen I A und IV A fällt; also die des quarzarmen Thonschiefers hat, und mithin aus schwebenden Theilen entstanden sein kann, wie sie der *Rhein* noch gegenwärtig mit sich führt. Ein solcher Absatz aus Flüssen würde demnach durch Aufnahme von Kieselpanzern und nach seiner Erhärtung durch ein Bindemittel einen quarzreichen Thonschiefer oder vielmehr eine Grauwacke geben.

Da die Magnesiasilicate in den analysirten thonigen Schichten stets viel mehr betragen als die Kalksilicate, und ein solches Verhältnifs die schwebenden Theile des *Rhein* nicht zeigen: so läfst diefs auf eine theilweise Zersetzung der Kalksilicate schliefsen. Diese Zersetzung in einem Sedimente, welches, wie diese Thonschichten, so viele organische Ueberreste enthält, konnte von der durch deren Fäulnifs entwickelten Kohlensäure oder von Chlormagnesium im Meerwasser herrühren, wodurch das Kalksilicat in Magnesiasilicat und Chlorcalcium zerlegt wurde. Da in I, II und IV das Natron mehr beträgt, als das Kali, in den schwebenden Theilen aus den Flüssen aber das umgekehrte Verhältnifs statt findet: so konnte in jenen Thonschichten ein Theil des kieselsauren Kali durch das Chlornatrium im Meerwasser in kieselsaures Natron und Chlorkalium zersetzt worden sein (Bd. II. S. 986).

Die Gegenwart des Eisenoxydul und des Eisenkies in den Thonschichten rührt von der bedeutenden Menge der reducirend wirkenden organischen Ueberreste her. Sollten diese Schichten einstens zu einem Schiefergestein erhärten: so würden sie ein sehr bituminöses geben.

J. W. Bailey *) untersuchte mikroskopisch Schlamm- und Sandproben aus verschiedenen Tiefen des Meeres im Gebiete des *Golfstroms*. Alle Proben aus 306 bis 540 F. Tiefen zeigten eine wunderbare Entwicklung hauptsächlich

*) N. Jahrb. für Mineral. u. s. w. 1853 S. 374 aus Sillim. Journ. b, XII. 132.

der Polythalamien, welche hier eben so zahlreich vorkommen, wie im Mergel unterhalb *Charleston* in *Süd-Carolina*. Der grobe Sand aus geringerer Tiefe lieferte beim Schlämmen Kiesel-Infusorien, welche in Menge und Mannichfaltigkeit die aus gröfseren Tiefen übertrafen. Die Proben aus gröfseren Tiefen enthielten vorherrschend Quarzkörner mit Feldspath- und Hornblende-Stückchen: erstere waren scharfkantig, während sie in Proben aus geringeren Tiefen mehr abgerundet, selbst geglättet erschienen.

---

Es folgen nun die bis jetzt unternommenen Analysen von Sandsteinen, Thonschiefern, Schieferthonen und Thonen. Die Kenntnifs der Bindemittel der Sandsteine, wovon im Allgemeinen schon Bd. II. S. 1274 die Rede war, erleichtert die Vorstellung über die Bildungsart derselben *). Wir ordnen die Sandsteine nach den Formationen.

Grauwackensandstein von *Unkel* am *Rhein*. Salzsäure extrahirte Thonerde, Eisenoxyd, etwas Manganoxyd und Spuren von Kalk und Magnesia, und Kieselsäure blieb zurück. Das Bindemittel ist daher ein Silicat dieser Basen.

Grauwackensandstein von *Dottendorf* in der Nähe von *Bonn*. Wasser spülte aus ihm einen graubraunen Schlamm heraus, der mit Säuren nicht merklich brauste und aus einem eisenhaltigen Thon und Mangansuperoxyd bestand. Ausser diesem Bindemittel ist noch ein zweites, nicht so leicht heraus zu schlämmendes Bindemittel gegenwärtig, welches mit Säuren stark brauste und hauptsächlich aus Carbonaten von Eisenoxydul, Magnesia und etwas Kalk bestand, denen ein stark- eisen- und manganhaltiges Thonerdesilicat nebst weifsen Glimmerblättchen beigemengt war.

Steinkohlensandstein von *Alsey* in *Rhein-Baiern*. Was-

*) Auf meinen Wunsch unterzog sich einer meiner fleifsigsten Zuhörer, Carl Schmidt, der in der analytischen Chemie sehr gut unterrichtet ist, einer Untersuchung der Bindemittel der Sandsteine aus den verschiedenen Formationen. Die Resultate werden der Gegenstand seiner Inaugural-Dissertation: „de ligamentis nonnullorum ex diversis formationibus lapidum arenaceorum" sein; die wichtigsten derselben theile ich in Nachstehendem mit.

ser schlämmte ein gelbes Bindemittel heraus, welches aus einer weissen Feldspathmasse bestand. Die gelbe Färbung rührte von gelben Partien her, welche im ganzen Sandsteine vertheilt waren, und von einem zersetzten eisenhaltigen Mineral abstammten.

Steinkohlensandstein von *Waldenburg*. Das Bindemittel ist gleichfalls eine Feldspathmasse, welche durch Eisen- und Manganoxyd, herrührend von stark rothen Partien im Sandsteine, gefärbt ist. Ein Steinkohlensandstein von *Dortmund* bestand aus *)

| | |
|---|---|
| Kieselsäure . . . . . . . . | 88,33 |
| Thonerde eisenhaltig . . . . | 7,55 |
| Kalk, Magnesia, Mangan und kohligen Substanzen . . . . | 4,12 |
| | 100,00 |

Das unzweifelhaft thonige Bindemittel ist in diesem Sandsteine in sehr reichlicher Menge vorhanden.

Sandstein aus dem Rothliegenden von *Bieber* im *Spessart*. Wasser spülte aus dem zerkleinerten Mineral ein zartes rothes Bindemittel heraus, welches aus einem sehr eisenhaltigen Thon mit Mangansuperoxyd und einer geringen Menge kohlensaurer Kalkerde gemengt, bestand.

Der bunte Sandstein von mehreren Fundorten aus der Umgegend von *Schweinfurt* und *von der Rhön* wurde von v. Bibra **) einer chemischen Analyse unterworfen. Er digerirte das zerstofsene Gestein mit Säure und behandelte den Rückstand wiederholt mit einer kochenden Lösung von kohlensaurem Natron. Durch dieses wurde jedoch nur sehr wenig Kieselsäure, die gröfsere Menge dagegen von der Säure extrahirt. Wenn die Kieselsäure im Bindemittel, wie wahrscheinlich, zum Theil in die unlösliche Modification übergegangen ist: so hält es schwer, auf diesem Wege die wahre Zusammensetzung des Bindemittels zu finden.

*) Nach einer handschriftlichen Notiz.

**) Journ. für pract. Chemie Bd. XXVI. S. 23.

| | I | II | III | IV |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . . | 0,2 | 0,1 | — | 0,3 |
| Thonerde . . . . . | 1,0 | } 0,2 | 0,5 | } 0,4 |
| Eisenoxyd . . . . | 4,7 | | 0,7 | |
| Kalkerde . . . . . | } 0,6 | } 0,1 | 0,3 | } 0,5 |
| Magnesia . . . . . | | | 0,6 | |
| Wasser . . . . . | 0,8 | 0,2 | 0,9 | 0,5 |
| | 7,3 | 0,6 | 3,0 | 1,7 |
| Unlösl. Bestandtheile . | 92,5 | 99,2 | 96,5 | 98,1 |
| Verlust . . . . . . . | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,2 |
| | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

| | V | VI | VII | VIII |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . . | 0,1 | 0,02 | 0,6 | 0,2 |
| Thonerde . . . . . | } 0,7 | } 0,30 | 0,5 | } 0,5 |
| Eisenoxyd . . . . | | | 0,6 | |
| Kalkerde . . . . . | } 0,6 | } 0,10 | 0,8 | } 0,3 |
| Magnesia . . . . . | | | 0,5 | |
| Wasser . . . . . | 0,5 | 0,40 | 0,6 | 0,5 |
| | 1,9 | 0,82 | 3,6 | 1,5 |
| Unlösl. Bestandtheile . | 97,4 | 99,10 | 96,0 | 98,3 |
| Verlust . . . . . . . | 0,7 | 0,08 | 0,4 | 0,2 |
| | 100,0 | 100,00 | 100,0 | 100,0 |

I vom *Rothen Berg* bei *Karlstadt*, dunkelroth und wenige Glimmerblättchen enthaltend. Die unlöslichen Theile bestehen aus ziemlich feinem Quarzsand.

II von *Lohr*, roth, grobkörnig. Die unlöslichen Theile bestehen aus grobem, wenig abgerundetem Quarzsand.

III von *Klingenberg*, dunkelgelb und feinkörnig. Die unlöslichen Theile bestehen aus reinweifsen sehr kleinen Quarzkörnchen.

IV von *Herrenthal*, schwach röthlich und feinkörnig. Die unlöslichen Theile bestehen aus feinem vollkommen weifsen Quarzsand.

V von *Aschbach* (*Rhön*) dunkelroth und feinkörnig. Die unlöslichen Theile bestehen aus feinem schwach roth gefärbten Quarzsand.

VI von *Oschach* (*Rhön*) weifslich, ziemlich grobkörnig. Die unlöslichen Theile bestehen aus weifsem, unvollkommen abgerundeten Quarzsand von ungleicher Gröfse.

VII von *Uerspringen* bei *Fladungen* (*Rhön*) weifs und feinkörnig. Die unlöslichen Theile bestehen aus feinem, weifsen, vollkommen abgerundeten Quarzsand von gleicher Gröfse.

VII von *Premich* (*Rhön*) schmutzigroth und ziemlich grobkörnig. Die unlöslichen Theile bestehen aus weifsem nur wenig abgerundeten Quarzsand von ungleicher Gröfse.

Das specif. Gewicht dieser bunten Sandsteine steigt von 2,397 bis 2,618.

Die sehr geringen Quantitäten Kieselsäure, welche extrahirt wurden, scheinen nicht die Annahme, dafs das Bindemittel blofs aus Silicaten bestehe, zu gestatten. In welchen Verbindungen sollen aber Kalk und Magnesia, deren Menge bis zum 6fachen Betrag der Kieselsäure steigt, vorhanden sein? — Bibra führt nicht an, dafs die von ihm untersuchten Sandsteine mit Säuren brausten; sind aber die Basen nicht als Carbonate vorhanden so können sie nur mit Kieselsäure verbunden sein.

Die in II, VI und VIII zurückgebliebenen Quarzkörner waren wenig oder nicht vollkommen abgerundet, während die von VII vollkommen rund waren. Es ist nicht unwahrscheinlich, dafs die ersten aus ursprünglichem Quarzsand, mit chemisch niedergeschlagener, aber in die unlösliche Modification übergegangener Kieselsäure zusammengekittet war.

Die Quarzkörner im bunten Sandstein bei *Saalfeld* sind im Allgemeinen abgerundet, sehr oft zeigen sie indefs noch glatte und glänzende Krystallflächen. In sehr geringer Menge finden sich darin auch kleine verwitterte, meist abgerundete Feldspathkörner, die jedoch nicht selten noch Krystallflächen und Spaltbarkeit besitzen. Das Bindemittel besteht aus zersetztem Feldspath, welches theils sehr wenig, theils so viel

beträgt, dafs der aus dem Sandstein entstandene Sand schwierig vom Wasser durchdringbar wird *).

Bunter Sandstein vom *Culmbach* in *Baiern* wurde, in Wasser eingeweicht, bröcklich, und es schlämmten sich ziemlich viel schwebende Theile heraus, welche aus einem an Eisenoxydhydrat sehr reichen Thon bestanden. Bunter Sandstein von *Heidelberg* verhielt sich im Allgemeinen ebenso. Ausser Thon findet sich darin aber auch Gyps, der ein wesentlicher Bestandtheil des Bindemittels zu sein scheint.

Nach dem Resultate dieser Versuche ist es nicht unwahrscheinlich, dafs Thon auch das Bindemittel der von *Bibra* untersuchten bunten Sandsteine ist. Es wäre zu versuchen, ob sich nicht auch aus diesen das Bindemittel durch Wasser herausschlämmen läfst.

In den Thälern des *Oden-* und *Schwarzwaldes*, welche im bunten Sandsteine eingeschnitten sind, findet sich ein fetter rothbrauner Thonboden mit einer üppigen Vegetation. Es ist das Bindemittel der Sandsteine, welches durch die Gewässer von oben herabgeführt wird. Die Regenwasser sind sehr trübe und setzen ihre schwebenden Theile, wo sie stagniren, nur sehr langsam ab. Auch die Lachen in den Steinbrüchen enthalten sehr trübes, meist röthlich gefärbtes Wasser, und Spalten in den Sandsteinen fand ich manchmal ganz mit Absätzen aus dem trüben Wasser erfüllt. Alle diese Erscheinungen zeigen, dafs das thonige Bindemittel der bunten Sandsteine sehr leicht durch die Regenwasser aus denselben fortgespühlt wird. Selbst manche Quellen in dieser Formation liefern zur Regenzeit trübes Wasser.

Ewald **) fand, dafs zwischen *Wendelstein* und *Schwarzenbach* an den Durchstichen des *Main-Donau*-Kanals die Sandsteine der Keuperformation, welche fast nur aus locker zusammenhängenden, groben Quarzkörnern bestehen, in ihren oberen Lagen ein kalkigthoniges Bindemittel aufnehmen, welches nach oben reichlicher und endlich vorherrschend wird, so dafs nur noch einzelne grobe Quarzkörner darin

*) R. Richter Gäa von Saalfeld. Saalfeld 1853. S. 13.

**) Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellsch. Bd. IV. S. 609.

liegen. Zugleich stellen sich aber in diesem Niveau die Belemniten des Lias ein, welche mit den, in den unmittelbar darüber liegenden, völlig quarzfreien Mergeln vorkommenden übereinstimmen. Die Keupersandsteine gehen daher so allmälich in die mittleren Liasschichten über, dafs sich zwischen beiden Formationen keine scharfen Grenzen ziehen lassen.

Das Bindemittel der Sandsteine in der Jura-Formation (Fucoidensandsteine) besteht nach Zeuschner *) aus den Carbonaten von Kalk, Magnesia, Eisenoxydul und aus Thon. Ein Sandstein aus *Poronin* in den *Karpathen* hat die Zusammensetzung:

| | |
|---|---|
| Weifse Quarzkörner und Thon | 70,23 |
| Kohlensaure Kalkerde . . . | 18,33 |
| „ „ „ Magnesia . . . | 2,60 |
| Kohlensaures Eisenoxydul . . | 9,77 |
| | 100,93 **) |

Vier andere blofs qualitativ untersuchte Sandsteine aus den *Karpathen*, von *Obczyna* bei *Triest*, vom *Monte di Ripaldo* bei *Florenz* und von *Kastropoulo* in der *Krimm* enthalten fast dasselbe Bindemittel; Zeuschner zweifelt nicht, dafs diefs auch bei den Sandsteinen der *Karpathen*, welche Kreide-Versteinerungen einschliefsen, der Fall sei.

Nach Schafhäutl ***) bestehen die Sandsteine in der Jura-Formation der Voralpen *Baierns* aus unregelmäfsig polyedrischen Quarzkörnern, denen nur wenige rundliche beigemengt sind. Manche dieser Körner sind durch Eisenoxyd röthlichbraun oder gelblich gefärbt, und es finden sich in der braungefärbten Masse Körner von wirklichem Thoneisenstein. Das Ganze ist durch Eisenthon und kohlensauren Kalk zusammengekittet. Die nach Behandlung mit kalter Salzsäure zurück bleibenden hellrothen Partien sind aus den Ueberresten der Gallionella ferruginea zusammengesetzt, denen diese Thoneisenstein-Lager ihre Entstehung verdanken. In den

*) N. Jahrb. f. Mineral. u. s. w. 1843. S. 165.

**) Dieser Ueberschufs rührt von einem Druck- oder Schreibfehler her.

***) Ebend. 1846. S. 656 ff.

grünlichen Partien dieser Sandsteine fehlt der körnige Thoneisenstein und die Quarzkörner sind durch kohlensauren Kalk und Thon zusammengekittet, der durch Eisenoxydulsilicat grün gefärbt ist.

Nachstehende Quadersandsteine wurden von Reichel analysirt *).

| | I | II | III | IV |
|---|---|---|---|---|
| Chemisch gebundene | | | | |
| Kieselsäure . . . . | 0,916 | 0,955 | 0,020 | 0,370 |
| Thonerde . . . . . | 0,076 | 0,150 | 0,180 | 0,080 |
| Eisenoxyd . . . . . | 0,435 | 0,374 | 0,500 | 0,180 |
| Manganoxyd . . . . | 0,026 | 0,016 | 0,016 | — |
| Kalkerde . . . . . | 0,016 | 0,010 | Spur | — |
| Magnesia . . . . . | Spur | 0,002 | — | 0,200 |
| Kali . . . . . . . . | 0,005 | 0,019 | — | — |
| Natron . . . . . . . | 0,008 | 0,024 | — | — |
| Salzsäure . . . . . | 0,001 | 0,003 | Spur | Spur |
| Ulminsäure . . . . . | 0,016 | 0,066 | Spur | Spur |
| Bituminöses Harz . . | 0,020 | 0,032 | | |
| Kohle und Schwefel . | Spur | Spur | — | — |
| Wasser . . . . . . . | 0,831 | 0,850 | 0,500 | 0,550 |
| Quarzsand . . . . | 97,650 | 97,499 | 98,784 | 98,620 |
| | 100,000 | 100,000 | 100,000 | 100,000 |
| Lösliches Bindemittel | 2,35 | 2,5 | 1,216 | 1,38 |

I. Sandstein von der *weifsen Wand* in der Nähe von *Johnsdorf in Sachsen.* Er ist in Säulen von 3 bis 10, selten von 12 bis 14 Fuss Länge und 2 bis 12 Zoll Dicke abgesondert und kommt in der Nähe eines Basaltkegels vor.

II. Desgleichen von den *Orgelpfeifen* nicht weit von dem vorhergehenden. Er ist gleichfalls in kleinen Säulen von 2 bis 3, selten von 4 Zoll Dicke abgesondert.

III. Braungelber Sandstein vom Ufer der *Elbe* in *Sachsen.*

IV. Weifser Sandstein von dorther.

*) Die Basalte und säulenförmigen Sandsteine der Zittauer Gegend. 1852. S. 22.

Reichel hält dafür, daſs die gröſsere Menge des Bindemittels in I und II als in III und IV vom Basalt herrühre, aus welchem es durch die Gewässer in die Sandsteine geführt wurde. In III wurde ohne Zweifel nur eine geringe Menge Kieselsäure extrahirt. Wahrscheinlich würde sich aus diesem Sandsteine das Bindemittel herauschlämmen lassen.

Nach Schmidt besteht das Bindemittel des Quadersandsteins von *Tillendorf* bei *Bunzlau*, welches durch Wasser ausgeschlämmt wurde, aus:

| | |
|---|---|
| Kieselsäure . . . | 49,32 |
| Thonerde . . . . | 38,54 |
| Kalkerde . . . . | 0,58 |
| Wasser . . . . | 12,03 |
| | 100,47 |

Es ist also Kaolin. Das Bindemittel, welches aus einem Quadersandstein von *Gröditzberg* in *Schlesien* herausgeschlämmt wurde, bestand gleichfalls aus Thon, der aber durch Eisenoxydhydrat schwach roth gefärbt war, und aus etwas schwefelsaurem Kalk, von dem wahrscheinlich seine gröſsere Festigkeit im Verhältnisse zum vorhergehenden Sandsteine herrührt.

Diese Untersuchungen sprechen dafür, daſs auch das Bindemittel in den von Reichel untersuchten Sandsteinen ein sehr eisenreicher Thon ist.

Sandsteine, aus denen sich das Bindemittel herausschlämmen läſst, wodurch sie so mürbe werden, daſs sie sich mit den Fingern zerbröckeln lassen, werden an Stellen, wo die Meteorwasser reichlichen Zutritt haben, leicht zerstört. Dieſs erklärt die so häufigen grotesken Formen des Quadersandsteingebirges, wie namentlich bei *Adersbach* in *Böhmen*, in der *sächsischen Schweiz* und in *Lippe-Detmold* (Externsteine Bd. I. S. 12). Wo Mulden in diesem Gebirge sind, in denen sich viele Meteorwasser sammeln und durch dasselbe dringen, wird das Bindemittel fortgeführt und die Sandsteine zerfallen in Sand. Der Weg, welcher durch das Felsenlabyrinth von *Adersbach* führt, ist an verschiedenen Stellen mit Bretterwänden eingefaſst, damit er nicht durch den häufig herab-

rollenden Sand verschüttet wird. Als ich ihn nach anhaltendem starken Regen durchwanderte, stürzten hier und da bedeutende Massen von Sand herab. Sind die Quarzkörner hier mehr, dort weniger cementirt: so leisten sie hier mehr, dort weniger den Gewässern Widerstand. Dieser Umstand trägt gewifs gleichfalls dazu bei, dafs mitten aus dem Quadersandsteingebirge grofse Massen weggeführt werden, und einzelne steil ansteigende Felsmassen stehen bleiben. Die mehr oder weniger innige Zusammenkittung der Quarzkörner mag aber davon herrühren, dafs das thonige Bindemittel an manchen Stellen durch aufgelöste Kieselsäure eine gröfsere Cohärenz erlangt hat. Enthält der Thon, wie in I und II, Alkalien, und selten werden sie gänzlich fehlen: so führen die Gewässer aus den oberen Stellen der Sandsteine kieselsaure Alkalien fort, und diese kitten in den unteren das Bindemittel mehr zusammen.

Der Grünsandstein von *Büderich* bei *Werl* wurde von von der Mark analysirt *). Er besteht aus durchsichtigen, farblosen, eckigen Quarzkörnern und schön grünen mehr abgerundeten Körnern. Mittelst Salzsäure wurden die Carbonate aufgelöst und mittelst Schwefelsäure die grünen Körner aufgeschlossen.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Kohlensaure Kalkerde | 19,70 | Bindemittel. | 22,70 |
| „ Magnesia | 0,40 | | |
| Phosphorsaure Kalkerde | 2,60 | | |
| Kieselsäure | 19,30 | Grüne Körner. | 35,60 |
| Thonerde | 4,90 | | |
| Eisenoxydul | 6,20 | | |
| Eisenoxyd | 0,90 | | |
| Magnesia | 1,10 | | |
| Kali | 1,10 | | |
| Wasser | 2,10 | | |
| Quarzkörner | | | 41,00 |
| | | | 99,30 |

*) Verhandlungen des naturhist. Vereins der preufsischen Rheinlande 1849. S. 269.

Nach Schmidt besteht das Bindemittel eines Grünsandsteins bei *Essen* aus wenig kohlensaurem Kalk und fein zerriebenen grünen Körnern (Glaukonit). Es konnte durch Wasser ausgeschlämmt werden, wodurch das Gestein zerfiel. Auch in diesem Grünsandstein kommen neben den Quarzkörnern dunkelgrüne Glaukonitkörner vor. Bemerkenswerth ist, dafs der wässerige Auszug nach starkem Abdampfen eine sehr deutliche alkalische Reaction zeigte und Kali und Natron enthielt. Sollten diese Alkalien von zersetztem Glaukonit herrühren? —

Weiteren Untersuchungen bleibt es vorbehalten, ob zwischen dem Bindemittel des Quadersandsteins und Grünsandsteins stets der Unterschied statt findet, dafs jenes aus kieselsaurer Thonerde, dieses aus kohlensaurem Kalk besteht.

Tertiärer Sandstein. Nach Strickland *) kommen in tertiären Sandlagern auf der Insel *Man* sehr harte, oft klingende Concretionen von Quarzsand, die durch kohlensauren Kalk cementirt sind, häufig vor. Nach Schafhäutl **) besteht das Bindemittel mancher Molassen-Sandsteine in den Voralpen *Baiern's* aus kohlensaurem Kalk mit kalihaltigem Thon, in anderen aus mehreren Carbonaten, wie die folgenden Analysen zeigen:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . . | 27,85 | 74,75 | 67,60 | 59,4 |
| Kohlens. Kalk . . . | 2,00 | 20,59 | 13,14 | 30,3 |
| „ „ Eisenoxydul . | 56,11 | 3,11 | 10,21 | 9,2 |
| „ „ Manganoxydul | 11,48 | | — | — |
| Thonerde . . . . . | 1,23 | 1,51 | — | — |
| Bitumen . . . . . | 0,95 | — | 9,05 | 1,1 |
| | 99,62 | 99,96 | 100,00 | 100,0 |

Die an kohlensaurem Eisenoxydul reichen, grobkörnigen Kalksteine verwittern sehr schnell, indem das Oxydul in Oxydhydrat übergeht, und der kohlensaure Kalk fortgeführt wird. Es finden sich aber auch Sandsteine ohne kalkiges Bindemittel.

*) L'Institut 1843. No. 483 P. 108.

**) A. a. O. S. 661 ff.

Schmidt fand, dafs das Bindemittel des grünen Molassensandsteins nur aus kohlensaurem Kalk besteht, welcher mit kleinen dunkelgrünen Glaukonitkörnern innig gemengt ist.

Das Bindemittel des Sandsteins von *Fontainebleau* besteht nach ihm aus 90 Proc. Kieselsäurehydrat, 3,7 Gyps und aus Kalk nebst Spuren von Thonerde, Eisen- und Manganoxyd und Magnesia. Dieses Bindemittel beträgt 7,3 Proc. des Sandsteins. Im Wasser zerfiel er nicht.

Der Braunkohlensandstein vom *Quegstein* im *Siebengebirge* enthält häufig grofse abgerundete Quarze. Als er mit heifser Kalilauge behandelt wurde, löste sich das Bindemittel auf, indem zahlreiche kleine Quarzsplitter zurückblieben *). Die Auflösung enthielt viel Kieselsäure, etwas Thonerde, ziemlich viel Kalk und etwas Magnesia. Eine andere Varietät mit grofsen daumendicken Quarzen mit Aetzlauge digerirt, wurde schon nach einer halben Stunde so angegriffen, dafs die eingeschlossenen Quarze, Kieselschiefer- und Grauwackenstücke deutlich hervortraten und einzelne herausgelöst werden konnten. Nach etwas längerem Digeriren zerfiel das Gestein gänzlich. Das Extrahirte enthielt dieselben Basen, wie das in jenem Sandsteine. Nach der Behandlung des Rückstandes mit Schwefelsäure blieb eine geringe Menge eines sehr feinen weifsen Quarzsandes zurück, der mithin neben den Quarzkörnern vorhanden war.

Fast alle von Schmidt untersuchten Sandsteine weichen im Wasser etwas auf und können, wenn kleine Stücke darin längere Zeit liegen, theils sehr leicht, theils schwieriger mit den Fingern zerdrückt und zerrieben werden. Selbst einige mit kieseligem Bindemittel, wie z. B. der Braunkohlensandstein vom *Quegstein*, erscheinen an dünneren Stellen

---

*) Eckige Quarzkörner im Sande und in Sandsteinen gehören nicht zu den Seltenheiten. So schlämmte Richter (a. a. O. S. 14) aus Mergel und Schieferthon Sand heraus, dessen ausserordentlich feine Körnchen noch ziemlich eckig waren, während einzelne gröfsere Quarzkörnchen völlig abgerundet erschienen. An einer Stelle waren diese Körnchen zu einem Sandsteine cementirt.

und besonders da, wo das Bindemittel schon etwas zersetzt war, etwas leichter zerbrechbar als an anderen Stellen. Kleine Stücke von dem, sehr wenig Bindemittel haltenden Sandsteine von *Fontainebleau* liefsen sich, nach längerem Liegen im Wasser, an den Kanten und Ecken leichter als an anderen Stellen zerbrechen, was mit seinem Gypsgehalte zusammenhängen möchte.

Von den älteren Sandstein-Formationen (aus dem Uebergangsgebirge, aus der Steinkohlenformation und aus dem Rothliegenden) liegen so wenige Untersuchungen vor, dafs nichts Allgemeines über die Natur ihrer Bindemittel gesagt werden kann. Die vorstehenden Untersuchungen haben Thon oder zersetzten Feldspath als ihr wesentliches Bindemittel ergeben. Wo diese Sandsteine von Kalksteinen bedeckt werden, mag kohlensaurer Kalk, der aus denselben durch Gewässer herabgeführt wurde, wenigstens theilweise das Bindemittel sein. Obgleich Thon auch meist das Bindemittel des bunten und des Quadersandsteins zu sein scheint, so mag es doch da, wo auf ersterem Muschelkalk, auf letzterem Kreide liegt, aus kohlensaurem Kalk wenigstens zum Theil bestehen. In der oolithischen Formation, wo in der Regel die Sandschichten mit Kalkschichten bedeckt sind, ist es sehr characteristisch, Carbonate als Bindemittel zu finden. Nicht immer mögen aber die Carbonate in den Sandsteinen von den darüber liegenden Kalklagern herrühren; denn es kann das Bindemittel dem Sande im Meere auch durch kalkabsondernde Organismen, durch kalkschalige Polythalamien nach Bailey's Untersuchungen (S. 1629), zugeführt worden sein. Ebenso mögen manche kieseligen Bindemittel von Kiesel-Infusorien herrühren. Manchmal besteht das Bindemittel aus verschiedenen Substanzen, wie die Sandsteine der Juraformation aus Carbonaten und Thon.

Wo, wie in der unteren silurischen Formation im westlichen *Rufsland* (S. 1609), kein Bindemittel zum Sande gekommen war, da konnten sich auch keine Sandsteine bilden.

Nach den vorstehenden Untersuchungen ist man berechtigt anzunehmen, dafs die Bindemittel in den Sandsteinen theils durch Gewässer im aufgelösten Zustande zugeführt wurden, theils durch Zersetzung von Substanzen, welche mit

den Sandkörnern gemengt waren, entstanden sind. Die aus Carbonaten bestehenden Bindemittel der Sandsteine wurden gewifs in wässriger Lösung zugeführt. Von manchen blofs aus Silicaten oder aus Kieselsäure mit nur wenig beigemischten Basen bestehenden Bindemitteln ist dasselbe zu vermuthen. Die sehr geringen Mengen dieser Bindemittel in manchen Sandsteinen machen es sehr wahrscheinlich, dafs sie durch Gewässer zugeführt wurden; denn unsere gewöhnlichen Quellwasser konnten, wenn sie in Sandschichten eintrockneten, solche geringe Mengen von Silicaten und von Kieselsäure zurücklassen.

Da in Sandsteinen Feldspathkörner gar nicht selten gefunden werden: so ist es nicht zweifelhaft, dafs die thonigen Bindemittel meist von der Zersetzung derselben herrühren. Die gewöhnlichen Zersetzungsproducte des Feldspath, Kalisilicat und Thonerdesilicat (Bd. I. S. 818) cementirten, durch Gewässer fortgeführt, die Sandkörner in den Umgebungen der zersetzten Feldspathe. Das nicht seltene Vorkommen von Kaolin und anderen ähnlichen Silicaten in Drusenräumen beweiset die wirkliche Fortführung der kieselsauren Thonerde. Wo, wie in den Grünsteinen, statt der Feldspathkörner Glaukonitkörner vorkommen, da lieferten diese durch ihre Zersetzung das Bindemittel. Der selten als Bindemittel auftretende Eisenkies (S. 1274) ist in den Sandsteinen unzweifelhaft erst aus vorhanden gewesenen Materialien entstanden.

Die Bildung der Sandsteine kann unter dem Meere und den Seen, oder auch nach ihrer Erhebung über dieselben statt gefunden haben. In jenem Falle waren es das Meer- und Seewasser, in diesem die Meteorwasser, welche die Bindemittel zugeführt oder die Substanzen zersetzt haben, von denen diese abstammen.

---

Analysen von Thonschiefern wurden bereits Bd. II. S. 991, 1004 und 1075 angeführt; hier sind sie blofs zu ergänzen. Aeltere Analysen, welche nicht viel Vertrauen verdienen, übergehen wir.

| | I | II | III |
|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . . . . . . | 62,59 | 64,58 | 61,74 |
| Thonerde . . . . . . . . | 16,88 | 17,10 | 19,81 |
| Eisenoxyd . . . . . . . . | 8,42 | 7,43 | 10,08 |
| Kalkerde . . . . . . . . | 0,24 | 0,16 | 0,83 |
| Magnesia . . . . . . . . | 2,26 | 2,29 | 3,03 |
| Kali . . . . . . . . . . | 3,31 | 2,93 | 1,95 |
| Natron . . . . . . . . . | — | — | 1,31 |
| Kupferoxyd . . . . . . . | 0,13 | 0,30 | — |
| Kohlens. Kalk . . . . . . . | 1,22 | 0,53 | — |
| Wasser . . . . . . . . . | 4,03 | 4,08 | 0,93 |
| Kohle und Verlust . . . . | 0,92 | 0,60 | 0,07 |
| | 100,00 | 100,00 | 99,75 |

I Thonschiefer, graulichschwarz (Dachschiefer) von *Bendorf* bei *Coblenz*, nach Frick *).

II Thonschiefer, graulichschwarz von *Lehesten* in *Thüringen*, nach demselben.

III Normaler Thonschiefer aus dem *Selkethal*, zwischen *Alexisbad* und *Mägdesprung* am *Harz*, nach Pierce **).

Sehr bemerkenswerth ist der Kupfergehalt in I und II. Auch der Thonschiefer von *Goslar* (S. 1004 IV) ***) enthält 0,28 Proc. Kupferoxyd. Ohne Zweifel würden auch in anderen Thonschiefern, wenn durch die von der Kieselsäure abfiltrirte Flüssigkeit Schwefelwasserstoffgas geleitet würde, Kupferoxyd oder vielleicht auch andere Metalloxyde gefunden werden.

Der Thonschiefer II wurde in unverwittertem und verwittertem Zustande auch von Suckow untersucht †). Die Analyse des ersteren stimmt sehr nahe mit der von Frick.

*) Poggendorff's Ann. Bd. XXV. S. 188. Bei *Bendorf* sind jedoch keine Schieferbrüche.

**) Rammelsberg's Handwörterbuch Suppl. IV. S. 234.

***) Dieser Thonschiefer und der von *Prag* (III) sind dort durch einen Druckfehler mit einander verwechselt worden.

†) Die Verwitterung im Mineralreiche S. 166.

Nach der Analyse des verwitterten wurde bei der Verwitterung der gröfste Theil der Kalkerde, Magnesia und des Kali und ein kleiner Theil der Thonerde fortgeführt, während das Eisenoxyd und die Kieselsäure, wahrscheinlich nur relativ, zunahmen. Rammelsberg bemerkt aber mit Recht, dafs diese Analysen wenig correct erscheinen.

| | IV | | V | | VI |
|---|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure | 72,51 | | 67,82 | | 64,35 |
| Thonerde . | 12,89 | | 12,98 | | 20,62 |
| Eisenoxydul | — | | 10,55 | | 7,06 |
| Eisenoxyd | 4,15 | | — | | 2,59 |
| Kalkerde . | 0,60 | | — | | 0,10 |
| Magnesia . | 0,93 | | 0,84 | | 0,81 |
| Kali . . | 4,02 | | 0,57 | | 2,22 |
| Natron . . | — | | 1,15 | | 0,20 |
| Wasser und Kohlensäure | 4,44 | Glühverlust | 7,00 | Wasser u. Spur org. Subst. | 2,05 |
| | 99,54 | | 100,91 | | 100,00 |

IV Thonschiefer aus der Grube *Morgenröthe* bei *Siegen*, nach Schnabel *). Durch heifse Schwefelsäure wurden alle Basen ausgezogen.

V Thonschiefer mit Eisenspath aus der Grube *Friedrich Wilhelm* bei *Siegen*, nach meiner Analyse. Der Eisenspath wurde so sorgfältig wie möglich abgesondert. Beim Zerreiben in der Chalcedonschale knirschte das Pulver; daher enthält der Thonschiefer etwas Quarz. Hier und da zeigt sich auf ihm ein messinggelber Anflug, der vielleicht Speiskobalt ist **).

---

*) Nach gefälliger Mittheilung.

**) Beim Uebergiefsen der aufgeschlossenen Masse mit Salzsäure zeigte sich ein Chlorgeruch. Die Flüssigkeit war etwas roth. Nachdem sich alles aufgelöst hatte, verschwand die rothe Farbe; nach dem Abdampfen und Aufweichen mit gesäuertem Wasser kam sie aber wieder zum Vorschein. Woher der Ueberschufs kommt, obgleich das Eisen als Oxydul berechnet wurde, habe ich nicht ermittelt.

VI Thonschiefer aus der Nähe der Stadt *Lüdenscheidt* im westphälischen Uebergangsgebirge, nach von der Marck *).

Zimmermann in *Clausthal* machte mich während meiner dortigen Anwesenheit auf den mit Thonschiefer erfüllten *Silbernaler*-Gang, der nach dem Ausgehenden unedel, tiefer aber edel ist, aufmerksam. Es schien mir von Interesse, diesen Thonschiefer von der Stelle, wo er nicht erzführend ist und den des Nebengesteins zu analysiren. Die Analyse des ersteren wurde von Kjerulf, die des letzteren von mir ausgeführt.

| | VII vom Nebengestein | VIII vom Gang |
|---|---|---|
| Kieselsäure . . . | 59,82 | 58,85 |
| Thonerde . . . . | 16,19 | 15,79 |
| Eisenoxyd . . . . | 8,41 | 10,84 |
| Kalkerde . . . . | 0,18 | Spur |
| Magnesia . . . . | 1,87 | 0,18 |
| Kali . . . . . . | 4,19 **) | 3,52 |
| Natron . . . . . | | 0,96 |
| Kohlensäure . . . | 2,96 | — |
| Glühverlust . . . | 6,38 | 7,90 |
| | 100,00 | 98,04 |

Als die Analyse des Gang-Thonschiefers schon vollendet war, bemerkte ich darin mikroskopische Adern, welche aus Eisenspath zu bestehen schienen. In einer dieser Adern war Brauneisenstein deutlich zu erkennen. Stücke, welche solche Adern enthielten, wurden so viel wie möglich von der übrigen Masse abgesondert, gepülvert, und Salzsäure zugesetzt; es zeigte sich kein Brausen. Als aber die Flüssigkeit erwärmt wurde, stiegen ununterbrochen fort Bläschen auf. Die chemische Prüfung zeigt daher gleichfalls die Gegenwart

*) A. unten a. O.

**) Aus dem Verluste bestimmt.

von kohlensaurem Eisenoxydul an, und der bedeutende Verlust in der Analyse rührt wahrscheinlich von der Kohlensäure her, die beim Glühen des Gesteins nur theilweise ausgetrieben worden war. Auch im Thonschiefer des Nebengesteins ist die Kohlensäure gröfsten Theils an Eisenoxydul, dessen Gegenwart auch nachgewiesen wurde, und nur geringeren Theils an Kalk und Magnesia gebunden. Der Eisenspath im Thonschiefer des Nebengesteins und des Ganges entspricht dem häufigen Zusammenvorkommen der dortigen Erze mit diesem Mineral.

Die Zusammensetzung beider Thonschiefer zeigt eine so nahe Uebereinstimmung, dafs ein gleicher Ursprung nicht zu bezweifeln ist. Der gröfsere Eisengehalt im Gang-Thonschiefer ist ihm wahrscheinlich durch Gewässer aus dem Nebengestein zugeführt, und dagegen der Kalk und der gröfste Theil der Magnesia durch sie fortgeführt worden.

Wie soll man sich die Ausfüllung dieser Gangspalte denken? — Da der Thonschiefer des Nebengesteins ein mechanisches Sediment ist: so kann der des Ganges auch nichts anderes sein. Der Absatz des Thonschiefers im Nebengestein mufste aber vollendet gewesen sein, ehe die Gangspalte entstehen konnte. Spaltete sich das Sediment, ehe es aus dem Meere erhoben wurde: so konnten die in diesem schwebenden Theile die Spalte erfüllen. Zwischen dem Absatze des Thonschiefer-Gebirges und dem des Thonschiefers in der Spalte verflofs aber eine lange geologische Periode, innerhalb welcher die Zusammensetzung der schwebenden Theile so unveränderlich hätte bleiben müssen, als die obigen Analysen sie nachweisen. Während diese Theile in der Spalte abgesetzt worden wären, würden sich auf der damaligen Oberfläche des sedimentären Gesteins neue Absätze von derselben Art, wie die in der Spalte gebildet haben. Spaltete sich dagegen das Gebirge während oder nach der Erhebung aus dem Meere: so mufste die Spalte entweder von unten oder von oben ausgefüllt werden. Die Plutonisten würden diese Ausfüllung gewifs unbedenklich von unten annehmen, wenn diese Gangmasse aus einem krystallinischen Gesteine bestände. Manche von ihnen, welche, wenn sie sich nicht mehr zu helfen wissen, Zuflucht zu mojaartigen Massen nehmen, mögen viel-

leicht auch im vorliegenden Falle die Ausfüllung der Spalte durch solche breiartige Massen sich denken. Um die gleichartige Zusammensetzung der Massen des Nebengesteins und des Ganges begreifen zu können, nehmen sie vielleicht an, dafs die Thonschiefermasse in der Tiefe durch heifse Wasserdämpfe breiartig geworden und dafs dieser Brei durch die Kraft des Dampfes in der Spalte aufgetrieben worden sei. Schwerlich möchten sich aber die erhitzten und stark comprimirten Wasserdämpfe blofs auf eine mechanische Wirkung beschränkt, sondern sie würden den Thonschiefer-Brei auch chemisch zersetzt haben. Dann würde sich aber keine so fast ganz identische Zusammensetzung in dem Thonschiefer des Nebengesteins und des Ganges zeigen; es würden wenigstens die Alkalien grofsen Theils extrahirt worden sein. Wir überlassen es solchen Plutonisten, durch Versuche im papinischen Topf das Gegentheil zu beweisen.

Uns erscheint die Annahme, dafs Tagewasser es waren, welche, beladen mit schwebenden Theilen des Thonschiefers aus den Umgebungen der Spalte, die Ausfüllung bewirkt haben, viel einfacher und in völliger Uebereinstimmung mit den Vorgängen in der Natur. Wenn das Ausgehende der Spalte nur einige Zolle tiefer lag, als das umgebende Thonschiefer-Gebirge, so wurden ihr die trüben Wasser zugeführt. Sie konnte anfangs sehr eng gewesen sein und sich erst nach und nach erweitert haben, ohne dafs dadurch der successiven Ausfüllung mit schwebenden Theilen sich irgend ein Hindernifs entgegengestellt hätte. Waren auch diese Theile nicht blofs mechanisch zertheilt, sondern schon etwas chemisch zersetzt, war das Eisenoxydul zum Theil schon höher oxydirt: so konnten organische Substanzen nach der Erfüllung der Spalte wieder desoxydirend gewirkt haben.

Von den Gemengtheilen, woraus die von Sauvage analysirten Thonschiefer aus den *Ardennen* und aus dem nördlichen *Asien* zu bestehen scheinen, war schon oben (S. 1006 und 1440) die Rede. Er behandelte die Schiefer zuerst mit erhitzter concentrirter Salzsäure, hierauf mit erhitzter Schwefelsäure, und zog aus beiden Rückständen die aufgeschlossene Kieselsäure durch Kalilösung aus. Was dann übrig blieb, war in der Regel Quarzsubstanz. Er analysirte den salz-

sauren und schwefelsauren Auszug jeden für sich; da er aber selbst bemerkt, dafs auf diese Weise eine reine Scheidung der in beiden Säuren löslichen Gemengtheile nicht stattfindet: so haben wir im Nachstehenden diese beiden Auszüge zusammen genommen. IX, X und XI giebt die Zusammensetzung der Thonschiefer als ein Ganzes, wenn man den Rückstand für reinen Quarz nimmt und ihn zur Kieselsäure addirt. Diese Reduction wurde vorgenommen um diese Thonschiefer mit den übrigen hier aufgeführten vergleichen zu können. IX. A, X. A und XI. A giebt die Zusammensetzung des von Salzsäure und Schwefelsäure extrahirten Antheils.

Sollten sich, wie man vermuthen möchte, andere Thonschiefer gegen Salzsäure und Schwefelsäure ebenso verhalten, wie die von Sauvage analysirten: so würde durch diese Methode die freie Kieselsäure, deren Bestimmung nach dem gewöhnlichen Verfahren nicht möglich ist, zu ermitteln sein. Dafs indefs die Ermittlung nur sehr approximativ sein könnte, wenn Bestandtheile, wie z. B. Feldspath, welche von Säuren nicht oder nur theilweise angegriffen würden, in grösseren Mengen vorhanden wären, ist von selbst klar.

| | IX | X | XI | IX. A | X. A | XI. A |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . | 67,38 | 61,03 | 63,81 | 41,44 | 41,91 | 39,69 |
| Thonerde . | 18,22 | 24,30 | 18,41 | 32,71 | 36,23 | 30,68 |
| Eisenoxyd . | 1,02 | — | — | 1,83 | — | — |
| Eisenoxydul | 4,71 | 4,66 | 7,36 | 8,46 | 6,95 | 12,27 |
| Manganoxydul | 0,30 | 0,09 | — | 0,54 | 0,13 | — |
| Kalkerde . | — | 0,80 | 1,10 | — | 1,19 | 1,83 |
| Magnesia . | 3,98 | 1,71 | 3,96 | 7,15 | 2,55 | 6,60 |
| Kali . . . | 2,65 | 1,88 | 2,27 | 4,75 | 2,80 | 3,78 |
| Natron . . | — | 0,98 | 0,98 | — | 1,46 | 1,64 |
| Wasser . . | 1,74 u. Kohle | 4,55 | 2,11 | 3,12 | 6,78 | 3,51 |
| | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

IX. Graugrüner Schiefer von *Deville*, wenig Magneteisen und Eisenkies enthaltend. Jenes wurde vor der Analyse mit einem Magnet ausgezogen. Der rückständige Quarz, welcher Spuren eines Alkali haltenden Minerals enthielt, betrug 44,3 Proc.

X. Dunkelgrüner Schiefer von *Monthermé*. Er enthält

sparsam Glimmerblättchen. Der Quarzrückstand, welcher einige Feldspathblättchen enthielt, betrug 32,92 Proc.

XI. Grünlicher Schiefer von *Rimogne*. Vom Magnet wurden 2,5 Proc. Magneteisen ausgezogen. Ob der 40 Proc. betragende Rückstand reiner Quarz war, ist nicht angegeben.

Die Zusammensetzung des von der Salzsäure und Schwefelsäure extrahirten Antheils der drei vorstehenden Thonschiefer zeigt eine ziemlich nahe Uebereinstimmung, welche noch mehr hervortritt, wenn die Thonerde und die Eisenoxyde zusammengenommen mit der Kieselsäure verglichen werden. Man kommt dann auf ein nahe constantes Verhältnifs.

Die S. 1006 angeführten Gemengtheile der Thonschiefer fand Sauvage auch in mehreren anderen weniger schieferigen Gesteinen und in Grauwacken. Ein Sandstein aus der Grube von *Gurieff* erschien aus feldspathartigen Körnern gebildet, welche zum Theil in eine kaolinähnliche Substanz verwandelt waren (S. 1641).

| | XII | XIII | XIV | XV |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . . | 55,74 | 51,83 | 78,00 | 72,87 |
| Thonerde . . . . | 15,61 | 22,22 | 9,73 | 13,71 |
| Eisenoxyd . . . . | 8,22 | 7,50 | — | — |
| Eisenoxydul . . . . | 5,82 | — | 2,68 | 3,48 |
| Kalk . . . . . . | 0,50 | — | 1,12 | — |
| Magnesia . . . . | 1,39 | 1,38 | 2,29 | 0,61 |
| Kali . . . . . . . | 6,16 | 9,11 | 4,62 | 5,29 |
| Natron . . . . . | 1,71 | 1,75 | 3,11 | 1,30 |
| Wasser . . . . . | 4,85 | 5,56 | 1,07 | 3,28 |
| | 100,00 | 99,35 | 102,62 | 100,54 |

XII. Taunusschiefer aus dem *Nertohal* am Wege von *Wiesbaden* nach der *Platte*. Roth ins Violette von seidenartigem Schimmer, nach List *).

XIII. Sericit (S. 1441), in der Nähe von *Naurod*, nach demselben. Er ist dem krystallinischen Gemengtheile der

*) Jahrb. d. Verein f. Naturkunde im Herz. Nassau. H. VI. S. 129.

verschiedenen Modificationen des Taunusschiefers vollkommen ähnlich. List glaubt schliefsen zu dürfen, dafs der normale Taunusschiefer ein Gemeng aus Sericit und Quarz in sehr verschiedenen Verhältnissen sei.

XIV. Grünliche Modification des Taunusschiefers, welche man als die normale bezeichnen kann.

XV. Normaler Taunusschiefer nach R. Wildenstein *).

Diese Gementheile sind nach F. Sandberger **) hier und da in fast reinen, meist nur Linien dicken Schichten ausgesondert. In manchen Lagen ist auch Albit beigemengt; er tritt aber gegen die anderen Mineralien immer sehr zurück. Ein krystallinisches Ansehen in höherem oder geringerem Grade zeigt sich bei den verschiedenen Modificationen des Taunusschiefers. Alle diese Gebilde sind dem normalen Schiefer eingelagert.

Die im Taunusschiefer überall aufsetzenden Klüfte sind von Quarz erfüllt ***). Krystalle oder krystallinische Parthien von Albit fehlen selten in diesen Höhlungen. In mächtigen, feinkörnigen Aussonderungen kommen sie im quarzigen Schiefer der *Würzburg* und der *Leichtweishöhle* mit eingesprengten mikroskopischen Magneteisen-Octaëdern und Eisenglimmer vor.

Von Zeolithen finden sich in den Höhlungen, neben Quarz und Albit, Aphrosiderit †) und Epidotschnürchen. Interessant ist das Vorkommen von Halbopal im hintersten Steinbruche des *Sonnenberger* Seitenthälchens. Er füllt eine sehr grofse Zahl von Klüften, welche gegen die Schichtung laufen und manchmal Zolldicke erreichen, aus. Hier und da

---

*) Ebend. S. 131.

**) Ebend. S. 2.

***) In colossalen Massen tritt der Quarz im *Frauensteiner* Gang auf, welcher über 80 F. mächtig, stellenweise bis 70 F. hoch und fast $\frac{3}{4}$ Stunden weit sichtbar ist.

†) Uebers. d. geol. Verh. von Nassau S. 97. Dieses Mineral findet sich, nach F. Sandberger, in der ganzen Gegend von *Weilburg*, *Limburg*, *Diez*, und auch im *Dillenburgischen*, gewöhnlich mit Ankerit oder Quarz verwachseu (a. a. O. S. 40).

trifft man ihn noch ganz weich und beinahe immer mit Eisenglimmer- oder Brauneisenstein an, so dafs man glauben mufs, dafs er sich noch fortwährend durch Zersetzung der Schiefermasse (des Sericit) bildet. Bei längerer Berührung mit den Atmosphärilien vermindert sich bedeutend seine Härte und sein Glanz und er wird erdig: wahrscheinlich eine Zersetzung, wie wir sie oben (Bd. II. S. 1238) kennen gelernt haben.

Die krystallinische Beschaffenheit des Taunusschiefers ist für die Lehre der neptunischen Metamorphose der sedimentären Gesteine von besonderer Beweiskraft. Ein an Alkalien so reiches Mineral, wie der Sericit, konnte das Material zur Bildung der Albite in den Klüften liefern. Es brauchte blofs etwas Kieselsäure aufgenommen und dagegen Eisenoxyd abgeschieden zu werden. Die mit Quarz erfüllten Klüfte im Taunusschiefer weisen Kieselsäure, und die Eisenerze in kleinen Lagern das Eisenoxyd als Zersetzungsproducte nach. Von anderen Zersetzungsprocessen dieses Schiefers war schon oben (S. 1437) die Rede. Unter allen bis jetzt analysirten Thonschiefern zeigt der Taunusschiefer den gröfsten Gehalt an Alkalien, 6,6 bis 7,9 Proc.: ein Gehalt, eben so grofs und zum Theil noch gröfser, als in krystallinischen Gesteinen, wie Trachyt, Syenit, Granit u. s. w. Auch der bedeutende Natrongehalt ist bemerkenswerth.

Hausmann *) beschreibt einen dichten Feldstein (bei *Osterode* und *Lehrbach*), der mit der von Beudant Adinole genannten Modification übereinstimmt und lagenweise mit Kieselschiefer wechselt. Nach Schnedermann besteht er aus (A)

---

*) Ueber die Bildung des Harzgebirges S. 79.

| | A | B | C |
|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . . . | 71,60 | 79,5 | 69,09 |
| Thonerde . . . . . | 14,75 | 12,2 | 19,22 |
| Eisenoxyd . . . . . | 1,41 | 0,5 | — |
| Manganoxydul . . . | Spur | — | — |
| Magnesia . . . . . . | Spur | 1,1 | — |
| Kalk . . . . . . . . | 1,06 | — | — |
| Kali . . . . . . . . | 0,32 | — | — |
| Natron . . . . . . | 10,06 | 6,0 | 11,69 |
| | 99,20 | 99,3 | 100,00 |

B ist Berthier's Analyse der Adinole von *Sahla* in *Schweden;* C die Zusammensetzung des normalen Albit. A und B erscheinen daher wesentlich als Gemenge aus Albit und Quarz. Nach Grandjean *) findet sich dichter Albit auch zu *Merkenbach* bei *Herborn* mit grünem Kieselschiefer verwachsen.

Das Vorkommen des Albit in Klüften des Thonschiefers zeigt ganz entschieden seine Bildung auf nassem Wege. Ein durch die Güte meines Freundes v. Dechen erhaltener Taunusschiefer aus der Gegend von *Homburg* schliefst auf einer Kluftfläche ebenfalls kleine Feldspathkrystalle, wahrscheinlich Albit, mit etwas Quarz und Eisenglimmer ein. Nach Grandjean **) kommen wohl ausgebildete, meist aber schon etwas verwitterte Feldspathkrystalle in einer regelmäfsig der Grauwacke eingelagerten Schicht bei *Niederrofsbach* unweit *Dillenburg* vor. G. Rose ***) beschreibt Feldspathkrystalle aus Drusenräumen des Granit vom *Riesengebirge* mit einem Ueberzuge von Eisenoxyd, auf welchem Albitkrystalle aufgewachsen sind. Feldspath und Albit können daher nicht unmittelbar nach einander gebildet worden sein; denn es hat sich zwischen beide das Eisenoxyd, welches offenbar ein Zersetzungsproduct ist (Bd. II. S. 295) eingeschoben. G. Rose hat die gewifs richtige Ansicht, dafs der Feldspath

*) A. a. O. S. 40.

**) Jahrb. des Vereins. u. s. w. S. 40.

***) Poggendorff's Ann. Bd. LXXX. S. 123.

ursprünglich ein inniges Gemeng aus reinem Feldspath und Albit gewesen sei, aus welchem letzterer durch Gewässer ausgezogen und auf der Oberfläche wieder abgesetzt wurde *).

Aus allen diesen Erscheinungen scheint sich zu ergeben, dafs die Gewässer ebenso, wie sie aus Gesteinen vorzugsweise Natron und nur äufserst geringe Mengen von Kali extrahiren, (Bd. I. S. 367) auch die Bestandtheile des Natronfeldspath aufzunehmen und in Klüften und Drusenräumen abzusetzen vermögen.

## Thonschiefer, Kieselschiefer und Grauwacke, welche Carbonate enthalten.

Die Analysen von zwei Thonschiefern dieser Art finden sich oben (Bd. I. S. 1075). Im Nachstehenden folgen neuere Analysen.

| | XVI | XVI. A | XVII | XVII. A |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . | 75,73 | 87,05 | 78,6 | 82,80 |
| Thonerde . . . | 5,57 | 6,40 | 9,1 | 9,58 |
| Eisenoxyd . . . | — | 4,75 | — | 4,35 |
| Kalkerde . . . . | 0,16 | 0,19 | — | — |
| Magnesia . . . | 0,32 | 0,37 | 0,5 | 0,53 |
| Kali . . . . . | 0,46 | 0,53 | — | — |
| Natron . . . . | 0,30 | 0,34 | — | — |
| Kohlens. Kalk . . | 9,40 | — | 2,5 | — |
| „ „ Magnesia | 2,50 | — | 0,7 | — |
| „ „ Eisenoxydul | 6,00 | — | 6,0 | — |
| Glühverlust (Spur von Kohle) . . . . | 0,32 Kohle | 0,37 Kohle | 2,6 | 2,74 |
| | 100,76 | 100,00 | 100,0 | 100,00 |

*) Dafs der Albit nur eine secundäre Bildung sein könne, davon überzeugte ich mich schon, als mein Freund G. Rose mir ein Exemplar einer solchen Stufe mitzutheilen so gefällig war. Es war mir daher sehr interessant, durch ihn mit der richtigen Erklärung der Bildungsweise des Albit vertraut geworden zu sein.

XVI. Grauwacke dicht, blaugrau aus einem Steinbruche an der *Volme*-Strafse; durch Verwitterung geht sie in einen lockern, graubraunen Sandstein über. Nach von der Marck *).

XVII. Kieselschiefer als Geschiebe aus der *Lenne* von rein schwarzer Farbe, nach demselben.

XVI A und XVII. A nach Abzug der Carbonate.

Die Gründe, welche v. d. Marck für die Existenz von kohlensaurem Eisenoxydul in diesen Gesteinen anführt, können uns nicht überzeugen. Die gänzliche Abwesenheit von Eisensilicaten widerspricht allen bisherigen Analysen solcher Gesteine. Sauvage fand indefs in den von ihm untersuchten Thonschiefern freies Eisenoxydhydrat, welches durch verdünnte Salzsäure, die das Silicat nur theilweise zersetzt, schon grofsentheils ausgezogen wird. So kann es sich auch bei den vorstehenden Analysen verhalten haben. Der Verlust, der sich ergiebt, wenn die Kohlensäure, welche von der Marck an Eisenoxydul gebunden annimmt, subtrahirt wird, mag wohl davon herrühren, dafs der Kohlenstoff zu niedrig bestimmt wurde; die schwarzen und blauschwarzen Farben lassen auf gröfsere Mengen Kohlenstoff, als angegeben wurden, schliefsen. Die Gegenwart dieses Reductionsmittels setzt aber voraus, dafs das Eisen wenigstens zum Theil als Oxydul vorhanden war, welches auch durch die Analysen nachgewiesen wurde **).

---

*) Analysen von Gebirgsarten aus dem westphälischen Uebergangsgebirge in den Verhandl. des naturhist. Vereins der preufs. Rheinlande und Westphalens. Jahrg. VIII. S. 56.

**) Eine Wiederholung dieser Analysen und namentlich die directe Bestimmung der Kohlensäure, welche, wie es scheint, versäumt wurde, ist wünschenswerth.

| | XVIII | XVIII. A | XIX | XIX. A |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . . . | 54,32 | 66,64 | 84,05 | 91,82 |
| Thonerde (Spur von Eisenoxyd) . . . . . . . | 21,81 | 26,76 | 5,68 | 6,21 |
| Magnesia . . . . . . . | 0,50 | 0,61 | 0,26 | 0,28 |
| Kali . . . . . . . . . . | 3,75 | 4,60 | 1,29 | 1,41 |
| Natron . . . . . . . . | 0,34 | 0,42 | 0,27 | 0,28 |
| Kohlens. Kalk . . . . | 8,98 | — | 1,02 | — |
| „ „ Magnesia . . . | 2,12 | — | 0,65 | — |
| „ „ Eisenoxydul . . | 7,57 | — | 7,01 | — |
| Kohle . . . . . . . . | 0,79 | 0,97 | — | — |
| | 100,18 | 100,00 | 100,23 | 100,00 |

XVIII. Thonschiefer aus dem Liegenden der Erzlagerstätte (Bleiglanz, Zinkblende, etwas Eisenkies und Kupferkies) bei *Ramsbeck* in *Westphalen*, nach Amelung*). Dieser Thonschiefer enthält hier und da höchst fein eingesprengte Eisenkieskrystalle.

XIX. Grauwacke aus dem Hangenden dieser Lagerstätte, nach demselben. Sie enthält kleine weifse Glimmerblättchen.

XVIII. A, XIX. A nach Abzug der Carbonate.

Die Erzlagerstätte besteht aus einem zusammen gehörenden Systeme paralleler Lagerstätten, wefshalb sowohl der Thonschiefer, als die Grauwacke erzführend sind.

In vier Kalksteinen aus dem *Westphälischen* Uebergangsgebirge, welche von der Marck analysirte **), steigt die Menge der in Säuren unlöslichen Gemengtheile von 28 bis zu 37 Proc., während sie in einem schwarzen Grauwackenkalkstein bis auf 0,7 herabsinkt. Zwischen solchen reinen Kalkstei-

---

*) Verhandlungen u. s. w. Jahrg. X. S. 228. In diesen Analysen scheint die directe Bestimmung der Kohlensäure gleichfalls versäumt worden zu sein; daher erscheint auch hier die bedeutende Menge von kohlensaurem Eisenoxydul und das nur spurweise vorhandene Eisenoxyd in der Thonerde zweifelhaft. Eine Wiederholung dieser Analysen ist gleichfalls wünschenswerth.

**) A. a. O.

nen und reinen Thonschiefern finden daher, wie es scheint, unzählige Uebergänge statt, und diefs zeigt deutlich, dafs unter gewissen Umständen mechanische und durch organische Thätigkeit bewirkte Absätze gleichzeitig statt gefunden haben (S. 1076 und 1605). Hiermit sind zu vergleichen meine Analysen von Uebergangskalksteinen (S. 1083 und 1085), welche ebenfalls viel unlösliche Bestandtheile enthalten. Sauvage *) untersuchte gleichfalls mehrere Thonschiefer und Grauwacken, welche 3 bis 50 Proc. kohlensauren Kalk enthielten.

Bemerkenswerth ist die Beobachtung Richters **), dafs in der devonischen Grauwacke bei *Saalfeld* die einzelnen Schieferschichten in ihrem unteren Theile fast immer mit abgerundeten Kalkstein-Geröllen in regelmäfsiger Ablagerung angefüllt sind. Wo diese Gerölle sehr klein sind und gedrängt neben einander liegen, bilden sie einen vortrefflichen Marmor. Diese Gerölle enthalten eigenthümliche Cephalopodenschalen, deren innere Umgänge sehr oft ausgebrochen sind, während der dadurch entstandene leere Raum mit Schiefermasse erfüllt ist. Dafs diese Masse die äusseren Umgänge leer gelassen habe, ist eben so wenig begreiflich, als dafs der fast reine dichte Kalk, welcher sie jetzt ausfüllt, durch den umgebenden Schieferschlamm gedrungen sei. Die Schiefermasse scheint demnach erst nach der Petrificirung der Schalen eingedrungen zu sein, und die verschiedenen Zustände, in denen die Cephalopoden-Versteinerungen vorkommen, lassen den wahrscheinlichen Weg erkennen, den diese Schiefermasse genommen hat. Es sind nämlich die der Kugelform sich nähernden Goniatiten, an denen diese Ausfüllung am häufigsten wahrgenommen wird, und welche im Innern in unversehrtem Zustande durch spätigen oder auch körnigen Kalk petrificirt sind, während die äusseren Umgänge stets aus dichtem Kalk bestehen. In den deteriorirten Goniatiten dagegen wurde der krystallinische Kalk durch Schiefermasse verdrängt. Ob diefs auf die Weise wie

---

*) A. a. O.

**) A. a. O. S. 23.

es sich Richter denkt, erfolgt ist, müssen wir, da die Autopsie uns mangelt, dahin gestellt lassen. So viel sehen wir aber, wie auf dem Meeresgrunde vorhandene Kalkversteinerungen von mechanischen Sedimenten eingehüllt werden, und dadurch kalkhaltige Thonschiefer entstehen konnten.

Alaunschiefer.

| | XX | XXI | | XXII | XXIII |
|---|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . | 50,13 | 52,30 | | 59,86 | 65,44 |
| Thonerde . . | 10,73 | 21,67 | | 15,89 | 14,87 |
| Eisenoxyd . . | 2,27 | 5,83 | | 0,50 | 1,05 |
| Kalkerde . . | 0,40 | 1,00 | | 0,99 | 0,15 |
| Magnesia . . | 1,00 | 2,16 | | 1,68 | 1,34 |
| Kali . . . . | — | — | | 3,72 *) | 4,59 |
| Natron . . . | — | — | | — | 0,48 |
| Eisenkies . . | 7,53 | 10,17 | Schwefel | 0,82 | 1,25 |
| Kohlenstoff . . | 22,83 | 0,80 | | 8,65 | — |
| Wasser . . . | 2,21 | 5,08 | | 6,90 | — |
| | 97,10 | 99,01 | | 99,01 | 89,17**) |

XX von *Garnsdorf* bei *Saalfeld* im Uebergangsgebirge, nach O. L. Erdmann ***). An der Decke des in diesen Alaunschiefer getriebenen Stollens finden sich fast überall gelbe oder weifse undurchsichtige Stalactiten, viel seltener schön grüne und volkommen durchsichtige Absätze. Beide bestehen aus wasserhaltigem basisch schwefelsauren Thonerde-Eisenoxyd: erstere mit vorherrschendem Eisenoxyd, letztere mit vorherrschender Thonerde. Beide Substanzen sind im Wasser völlig unlöslich †).

XXI von *Wezelstein* bei *Saalfeld*, nach Erdmann ††).

*) Mit etwas Natron.

**) Kohle, Wasser u. s. w. nicht bestimmt.

***) Journ. f. techn. und ökonom. Chem. Bd. XIII. S. 108.

†) Ebend. Bd. XI. S. 99. und Journ. f. Chem. und Physik Bd. LXII. S. 104.

††) A. a. O. Bd. XIII. S. 108.

Dieser Alaunschiefer liefert gleichfalls Efflorescenzen (Bergbutter), die wesentlich ebenso zusammengesetzt sind.

Sind in einem Schiefer hinreichende Quantitäten von organischen Substanzen vorhanden, und fehlt es nicht an schwefelsauren Salzen: so kann die ganze Menge des Eisenoxyd in Eisenkies umgewandelt werden. Wird dann dieser, wie in den beiden vorstehenden Schiefern, durch durchfiltrirende Gewässer oxydirt: so wird das Eisenoxyd in löslicher Verbindung fortgeführt und Thone, welche ganz oder fast eisenfrei sind, bleiben zurück.

XXII von der Insel *Bornholm* nach Forchhammer *). Er sucht zu zeigen, dafs sich dieser Alaunschiefer aus Tangarten auf dem Meeresgrunde gebildet habe, und dafs seine Bildung noch fortdauern könne. Bei der Fäulnifs der Tangarten wird aus ihren schwefelsauren Salzen Eisenkies gebildet, die Ueberreste mengen sich mit Thon und geben so Alaunschiefer. Aber auch die schwebenden Theile der Flüsse können, wenn sie so reich an organischen Ueberresten wie die der *Weichsel* sind (S. 1591), und wenn diese die schwefelsauren Salze des Meerwassers zersetzen, das Material zur Bildung von Alaunschiefer liefern.

XXIII von *Opsloe* in der Nähe von *Christiania*, nach demselben.

Forchhammer **) beschreibt sehr merkwürdige Umwandlungen des schwarzen Alaunschiefers, längs dem Fufse vom *Egeberg*, östlich von *Christiania*. In der ersten Stufe der Umwandlung zeigt er sich sehr anthracithaltig und hat meist die ganze Quantität von Wasser verloren. In der zweiten geht er in schwarzen, harten lydischen Stein über, der von zahlreichen kleinen Quarzadern durchsetzt wird. Das dritte Stadium bildet die Umwandlung in Gneifs mit einer Menge von dunklem Glimmer und schwarzen Blättern einer graphitartigen Substanz. Der Gehalt an Kohle ist in diesem

*) Berzelius Jahresbericht Bd. XXV. S. 404.

**) Aus dem Report of the British Association for the Advancement of Sciences for 1844 im Journ. f. pract. Chem. Bd. XXXVI. S. 407.

vollkommenen Gneifs durch einen besondern Versuch nachgewiesen worden.

| | XXII. A | | XXIV | XXIII. A | XXV |
|---|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure | 71,72 | | 71,72 | 72,40 | 69,71 |
| Thonerde . | 19,04 | | — | 16,45 | 13,59 |
| Eisenkies . | 1,58 | Eisenoxyd | 9,06 | 2,26 | 7,77 |
| Kalkerde . | 1,19 | | — | 0,17 | 0,23 |
| Magnesia . | 2,02 | | — | 1,48 | 2,65 |
| Kali . . . | 4,46 | | — | 5,08 | 3,79 |
| Natron . . | Spur | | — | 0,53 | 0,46 |
| Schwefel . | — | | 4,15 | 1,25 | 2,30 |
| | 100,01 | | | 99,62 | 100,50 |

XXII. A und XXIII. A die vorhin angeführten Alaunschiefer nach Abzug des Wassers und der Kohle.

XXIV ein anderer Alaunschiefer von *Bornholm*.

XXV Gneifs von *Bugten* mit dunkelgrünem Glimmer, weifsem Feldspath, Quarz und in der Masse zerstreuten kleinen Eisenkieswürfeln, die von eisenkieshaltigem Alaunschiefer herrühren. Dieser Gneifs kommt neben dem lydischen Gesteine vor, mit dem er sehr eng verknüpft ist.

Die nahe Uebereinstimmung in der Zusammensetzung der Alaunschiefer und des Gneifses macht die Umwandlung jener in diesen sehr begreiflich. Forchhammer's Ansicht, dafs die sehr zahlreichen Gänge von Trapp und Eurit, welche diese Alaunschiefer durchsetzen, die Umwandlung bewirkt haben, zu widerlegen, halten wir für überflüssig, da wir die Unhaltbarkeit solcher Hypothesen oft genug gezeigt haben. Die zahlreichen kleinen Quarzadern im lydischen Gesteine, welche nach ihm durch den Ausbruch der Grünsteinmasse bewirkt worden sein sollen, rühren höchst wahrscheinlich von Kieselsäure her, die während der Umwandlung ausgeschieden wurde. Der Gneifs XXV zeigt wenigstens einen geringeren Gehalt an Kieselsäure, als die Alaunschiefer. Die Gegenwart des Schwefels im Gneifs von *Bugten* und der Kohle im Gneifse von *Agersberg* widerspricht gänzlich einer plutonischen Metamorphose. In Beziehung auf

die Abnahme der Thonerde im Gneifs verweisen wir auf S. 1437, wo eine solche Abnahme als Folge der Zersetzung nachgewiesen wurde.

Die Analyse eines Urthonschiefers ist bereits Bd. II. S. 995 mitgetheilt worden. Seine Zusammensetzung differirt nicht von der der Thonschiefer, welche Versteinerungen führen. Sie stimmt mit der des Thonschiefers aus dem *Selkethal* (S. 1643) so nahe, als kaum die der Thonschiefer aus demselben Lager. Nachstehende Analysen wurden von Kjerulf in meinem Laboratorium ausgeführt.

| | XXVI a | XXVI b | XXVII | XXVIII |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . . . | 64,96 | 66,82 | 58,50 | 76,19 |
| Thonerde . . . . . . . | 18,75 | 18,45 | 19,56 | 9,77 |
| Eisenoxyd . . . . . | 1,39 | 1,34 | 13,10 | 4,29 |
| Magnesia . . . . . . | 1,98 | 1,25 | 3,71 | 1,33 |
| Kali . . . . . . . . | 5,92 (Kali und Natron) | 3,55 | 2,65 | 3,82 |
| Natron . . . . . . . . | | 1,59 | 2,89 | 1,39 |
| Glühverlust . . . . . | 3,78 | 3,78 | 4,09 | 1,45 |
| Kohle . . . . . . . . | 3,22 | 3,22 | — | — |
| | 100,00 | 100,00 | 99,50 *) | 98,24 |

XXVI. Blauschwarzer Thonschiefer von *Bloomsten, Hardangerfjild* in *Norwegen*, aus der ältesten versteinerungsleeren Uebergangsformation. Er geht in den Thonschiefer II über. I. a durch kohlensaures Kali, I. b durch Flufssäure aufgeschlossen.

XXVII. Glänzender Thonschiefer, oder halbkrystallinischer Glimmerschiefer von *Haarteigen, Hartangerfjild.*

XXVIII. Quarzreicher Glimmerschiefer, sogenannter Urglimmerschiefer, von *Naesodden* bei *Christiania.* Der Glimmer ist silberweifs.

Die Zusammensetzung in I kommt gleichfalls der der

---

*) Ein Schreibfehler in den Angaben dieser Werthe der Bestandtheile kann leider nicht berichtigt werden, da Hr. Kjerulf nicht mehr hier ist.

paläozoischen Thonschiefer, namentlich der des Thonschiefers von *Deville* (S. 1648) sehr nahe. In chemischer Beziehung scheint daher zwischen dem Urthonschiefer und dem paläozoischen Thonschiefer kein wesentlicher Unterschied stattzufinden; blofs die Alkalien treten in jenem verhältnifsmäfsig in gröfseren Mengen als in diesem auf. Die schwebenden Theile, welche das Material für beide geliefert haben, müssen daher von ziemlich gleicher Beschaffenheit gewesen sein. Der bedeutende Gehalt an Kohle in den Urthonschiefern zeigt entschieden, dafs der Bildung derselben die Existenz eines Pflanzenreiches vorhergegangen ist. Auffallend ist der Unterschied zwischen I und II, namentlich hinsichtlich des Eisengehaltes, obgleich beide Thonschiefer in einander übergehen. Ohne Schwierigkeit ist indefs zu begreifen, wie bei Gegenwart von organischen Ueberresten das zu Oxydul reducirte Eisenoxyd von den Gewässern fortgeführt und zur Bildung von Eisenerz in Lagern und in Gängen verwendet werden konnte. Man sieht hieraus, wie gleiche geognostische Verhältnisse mit sehr ungleichen chemischen, und auf der anderen Seite identische chemische Verhältnisse mit sehr ungleichen geognostischen verknüpft sein, und wie sich an weit von einander entfernten Stellen und in verschiedenen sedimentären Perioden dieselben chemischen Verhältnisse wiederholen können.

Der Glimmerschiefer XXVIII konnte nur aus einem quarzreichen Thonschiefer oder aus einer Grauwacke hervorgegangen sein. Der bedeutende Gehalt an Alkalien in XXVI und XXVII qualificirt diese Thonschiefer sehr zur Umwandlung in Glimmerschiefer; weniger zwar den letzteren wegen seines vorherrschenden Natrongehaltes, jedoch findet sich auch in XXVIII eine nicht unbeträchtliche Menge Natron.

---

An die Analysen der Thonschiefer u. s. w. reihen sich die der Schieferthone und der Thonsteine. Im Kap. VII folgen noch einige Analysen von Schieferthonen und Thonen, welche die nahe Uebereinstimmung mit den erdigen Bestandtheilen der mit ihnen wechselnden Steinkohlen zeigen.

| | I | II | III | IV | V |
|---|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . | 61,91 | 67,35 | 68,50 | 72,94 | 75,01 |
| Thonerde . . . | 21,73 | 20,66 | 18,10 | 16,66 | 17,57 |
| Eisenoxydul . . | 4,73 | — | — | 5,61 | — |
| Eisenoxyd . . | — | 2,55 | 3,62 | — | 1,02 |
| Kalkerde . . . | 0,09 | Spur | Spur | — | 0,23 |
| Magnesia . . . | 0,59 | 0,31 | 0,52 | 0,85 | 0,24 |
| Kali . . . . | 3,16 | — | — | 1,40 | — |
| Natron . . . . | 0,25 | — | — | 0,75 | — |
| Org. Subst. . . | 0,70 | — | — | — | — |
| Wasser oder Glühverlust . . | 6,73 | 6,70 | 7,78 | 2,20 | 6,30 |
| | 99,89 | 97,57 | 98,52 | 100,41 | 100,37 |

I. Schieferthon aus dem Liegenden eines Steinkohlenflötzes in *England*, nach Frankland *).

II bis V. Schieferthone aus dem Steinkohlengebirge von *Saarbrücken*, nach meinen Analysen. II, IV u. V im Liegenden der Steinkohlenflötze, III aus der Mitte eines Steinkohlenflötzes. II und III waren durch kohlige Theile grau gefärbt, IV war blafsgrün, V fast weifs. Auf Alkalien wurde in II, III und V nicht geprüft, wahrscheinlich rührt aber der Verlust in II und III von ihrer Gegenwart her.

| | VI | VII | VIII | IX |
|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure . . . | 74,42 | 85,65 | 81,05 | 74,23 |
| Thonerde . . . . | 9,90 | 10,58 | 11,49 | 14,77 |
| Eisenoxydul . . . | 5,03 | — | 2,28 | — |
| Eisenoxyd . . . | — | 1,03 | — | 1,31 |
| Kalkerde . . . . | 0,29 | — | 0,40 | — |
| Magnesia . . . . | 1,12 | 0,35 | 0,40 | 1,35 |
| Kali . . . . . | 4,74 | } 0,52 | 2,07 | 1,34 |
| Natron . . . . | 0,75 | | 2,56 | 4,80 |
| Glühverlust . . . | 2,34 | 1,87 | 0,93 | 0,99 |
| | 98,59 | 100,00 | 101,18 | 98,79 |

*) Memoirs of the Geol. Survey of Great Britain. V. I. p. 479.

VI. Grüner Thonstein, der indeſs nicht anstehend gefunden wurde, in der Nähe des *Reitershofes* in *Rheinbaiern.*

VII. Thonstein aus einem Melaphyrbruche am *Donnersberg* bei *Dannenfels* in *Rheinbaiern.*

VIII. Feldsteinporphyr vom *Donnersberg* bei *Falkenstein.*

IX. Feldsteinporphyr von *Gottesgab* in *Schlesien.*

VI bis IX nach meinen Analysen.

Die nahe Uebereinstimmung zwischen VII und VIII und das nahe Vorkommen beider gab Veranlassung, diese Analysen neben einander zu stellen, und IX, wegen seiner groſsen Aehnlichkeit mit VIII im äusseren Ansehen, hinzuzufügen. Man kann sich sehr wohl vorstellen, wie der Thonstein VII aus dem Porphyr VIII, nachdem aus letzterem der gröſste Theil der Alkalien durch Gewässer fortgeführt worden, hervorgegangen sein kann. Im Thonstein VI findet sich dagegen ein gröſserer Gehalt an Alkalien wie in den beiden Feldsteinphorphyren. Jeden Falls zeigt sich eine nicht zu verkennende Aehnlichkeit zwischen diesen Thonsteinen und den Porphyren, und diese Aehnlichkeit tritt auch noch bei der Vergleichung mit den von Schweizer, Kersten und Wolff analysirten Porphyren hervor.

Wir beschlieſsen dieses Kapitel mit den von Fresenius *) unternommenen Analysen folgender Thone aus dem Herz. *Nassau.* Nach einer mechanischen Sonderung durch Schlämmen bestehen sie aus:

| | I | II | III | IV | V |
|---|---|---|---|---|---|
| Sand . . | 35,97 | 23,84 | 19,44 | 19,93 | 16,32 |
| Thon . . | 57,34 | 70,73 | 71,66 | 71,70 | 74,82 |
| Wasser . . | 6,11 | 5,43 | 8,90 | 8,37 | 8,86 |
| | 99,42 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Nach der chemischen Analyse bestehen sie nach dem Trocknen in der Siedhitze des Wassers, auſser Spuren von Natron (in einem Falle 0,33 Proc.) Manganoxydul, Ammoniak, Schwefelsäure, Phosphorsäure, Chlor, organischer Materie, aus

*) Jahrbücher des Vereins für Naturkunde in Nassau. 1852. P. 154.

| | I | II | III | IV | V |
|---|---|---|---|---|---|
| Kieselsäure | 77,03 | 75,44 | 62,78 | 68,28 | 64,80 |
| Thonerde . | 14,06 | 17,09 | 25,48 | 20,00 | 24,47 |
| Eisenoxyd . | 1,35 | 1,13 | 1,25 | 1,78 | 1,72 |
| Kalk . . . | 0,35 | 0,48 | 0,36 | 0,61 | 1,08 |
| Magnesia . | 0,47 | 0,31 | 0,47 | 0,52 | 0,87 |
| Kali . . . | 1,26 | 0,52 | 2,51 | 2,35 | 0,29 |
| Wasser . . | 5,17 | 4,71 | 6,65 | 6,39 | 6,72 |
| | 99,69 | 99,68 | 99,50 | 99,93 | 99,95 |

I von *Hillscheid*, II von *Bendorf*, III von *Baumbach*, IV von *Grenzhausen*, V von *Ebernhahn*.

Nach Subtraction des Sandes und der als Hydrat in diesen Thonen vorhandenen Kieselsäure erhält man Zusammensetzungen, welche denen der Kaoline so nahe kommen, dafs man sie für zersetzte Feldspathe (Orthoklase) halten kann. Vergleicht man die vorstehenden Analysen mit denen der Schieferthone: so ersieht man, dafs beide Classen von mechanischen Sedimenten, so verschieden auch ihr Vorkommen und ihr Alter ist, in chemischer Beziehung nicht mehr von einander, als unter sich selbst abweichen. Der Schieferthon V und der Thon II haben eine so identische Zusammensetzung, wie man sie kaum an verschiedenen Stellen desselben krystallisirten Minerals findet.

Eben so wenig läfst sich eine Grenze zwischen Schieferthonen und Thonschiefern ziehen: der Thonschiefer IV und der Schieferthon IV sind z. B. in ihrer Zusammensetzung fast identisch. Ein geringer Eisengehalt ist den Schieferthonen nicht eigenthümlich; denn in der Steinkohlenformation von *Saarbrücken*, und auch in anderen Steinkohlen-Niederlagen wechseln fast eisenfreie Schieferthone mit sehr eisenreichen. Kieselsaure Thonerde mit mehr oder weniger kieselsaurem Eisenoxyduloxyd ist stets der Hauptbestandtheil aller thonigen Schiefer und Thone; denn fehlen auch noch Analysen dieser Sedimente aus den Formationen, welche jünger als die alte Steinkohlenformation sind: so ist doch nicht im mindesten zu zweifeln, dafs auch in diesen Sedimenten jene Silicate die vorherrschenden sein werden. Die Menge der freien Kie-

selsäure oder des Quarzes ist sehr veränderlich; sie nimmt in der Grauwacke bis zum Uebergange in Kieselschiefer und in Sandstein zu. Hinsichtlich der Thonschiefer mit dem geringsten Kieselsäuregehalt beziehen wir uns auf frühere Bemerkungen (Bd. II. S. 991 ff.). Sollte es auf dem von Sauvage eingeschlagenen Wege (S. 1648) glücken, die an Basen gebundene Kieselsäure von der freien zu scheiden: so würden wir ein klareres Bild von der Zusammensetzung der thonigen Schiefer und Thone erhalten.

So wie die Silicate der alkalischen Erden und der Alkalien in den schwebenden Theilen der Flüsse und in ihren Absätzen nur in sehr untergeordneten Verhältnissen auftreten: so ist diefs auch bei den thonigen Schiefern und Thonen der Fall. Es entspricht ganz der leichten Zersetzbarkeit der Kalksilicate, dafs die Kalkerde stets in geringerer Menge als die Magnesia und die Alkalien vorhanden ist, ja nicht selten gänzlich fehlt *). Bei weitem der gröfste Theil der Kalksilicate, welche sich in manchen Gesteinen, wie in den augitischen und amphibolen, in reichlicher Menge finden, wurde daher in Kalkcarbonat umgewandelt und als solches im aufgelösten Zustande den Flüssen und dem Meere zugeführt. Dieser Umstand ist in völliger Uebereinstimmung mit der im Allgemeinen so entschiedenen Sonderung zwischen mechanischen und chemischen, oder eigentlich durch organische Thätigkeit bedingten Absätzen.

Wenn die vom Thonschiefer herrührenden schwebenden Theile nach ihrem Absatze im Meere abermals das Material für thonige Schiefer und Thone liefern: so werden diese Absätze noch weniger Kalksilicate als die Thonschiefer enthalten. Eine solche Abnahme der Kalksilicate zeigt sich wirklich in den Schieferthonen, deren Material gröfstentheils von zerstörten Thonschiefern herrühren mag. Je öfter sich dieser Kreislauf, die Bildung jüngerer thoniger Absätze aus älteren, wiederholte, desto mehr verminderten sich die Kalksilicate durch fortgesetzte Zersetzung. Der chemischen Analyse der thonigen Schiefer und Thone in den auf die

---

*) In den angeführten Thonschiefern beträgt die gröfste Menge Kalk 1,1, dagegen die der Magnesia 4 Proc.

Steinkohlenformation folgenden jüngeren Formationen bleibt es vorbehalten, nachzuweisen, ob die Verminderung der Kalksilicate wirklich eine constante Erscheinung ist. Der geringe Gehalt dieser Silicate in den Thonen (S. 1664) spricht dafür. Darf man aus den wenigen Analysen von Urthonschiefern Schlüsse ziehen: so fehlen in diesen die Kalksilicate entweder ganz oder sie betragen nur sehr wenig. Es scheint daher nicht, dafs die geringen Mengen dieser Silicate, welche in den paläozoischen Thonschiefern vorkommen, von zerstörten Urthonschiefern abstammen.

---

Bayerische Staatsbibliothek München

8

GE

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Bischof, Gustav,

Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie

Bd.: 2,2

Bonn (1854)

BHS II C 21-2,2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10706866-7